

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

***ДОНБАССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА***

Выпуск 2 (45) 2015



**Сборник
научных трудов
Донбасского государственного технического
университета**

Collection of Scientific Papers of DonSTU

Сборник
Выходит 1-3 раза в год
Основан в июне 1999 г.
Выпуск 2 (45) 2015

Алчевск
2015

УДК 622(06) + 669(06) + 69(06) + 65.011.56 +
621.3 + 33 + 621.3 + 1

**Сборник научных трудов
Донбасского государственного
технического университета**

Сборник

Выпуск 2 (45) 2015

**Основатель:
Донбасский государственный
технический университет**

*Рекомендовано ученым советом ДонГТУ
(Протокол № 9 от 27.11.2015)*

Для научных сотрудников,
аспирантов, студентов высших учебных
заведений

Формат 60×84¹/₈.
Усл. печат. л. 14
Зак. № 235/2015
Тираж 100 экз. (1-й тираж 40 экз.)
Издательство не несет
ответственность за содержание
материала, предоставленного
автором к печати.

Адрес редакции, издателя и изготовителя :
Донбасский государственный технический
университет
пр. Ленина, 16, г. Алчевськ, Луганская обл.,
94204.
E-mail: info@dstu.education,
Web-site: <http://www.dstu.education>
(Издательско-полиграфический центр ДонГТУ,
ауд. 2113,
т/факс: (06442) 2-58-59

Главный редактор

Зинченко А. М. – к.э.н., и.о. ректора

Заместитель главного редактора

Новохатский А. М. – д.т.н.

Редакционная коллегия:

Литвинский Г. Г. – д.т.н.
Фрумкин Р. А. – д.т.н.
Клишин Н. К. – д.т.н.
Финкельштейн З. Л. – д.т.н.
Корнеев С. В. – д.т.н.
Харламов Ю. А. – д.т.н.
Дрозд Г. Я. – д.т.н. (Россия)
Ульяницкий В. Н. – проф.
Куберский С. В. – проф.
Мотченко А. И. – проф.
Коваленко Н. В. – д.э.н.
Гришко Н. В. – д.э.н.
Припотень В. Ю. – д.э.н.
Патерыкина В. В. – д.филос.н.
Бондарчук В. В. – к.т.н.
Долголаптев В. М. – к.т.н.
Мурга В. В. – к.т.н.

Скомская С. А. – секретарь редакционной коллегии

Язык издания :
русский, украинский и английский

© ДонГТУ, 2015
© Косик И. Н., художественное
оформление обложки, 2013

ГОРНЫЕ НАУКИ

УДК 531; 550.8; 624.1

д.т.н. Литвинский Г.Г.
(ДонГТУ, г.Алчевск, ЛНР, ligag@ya.ru)

СЛОИСТОСТЬ И АНИЗОТРОПИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД

Рассмотрена проблема учета слоистости и анизотропии прочности скальных массивов и горных пород. Показаны пути определения диаграммы прочности горных пород при одноосном сжатии и растяжении. Изучены вопросы паспорта прочности слоистой породы. Предложен алгоритм построения эпюры прочности на породном контуре горной выработки произвольной формы с учетом слоистости горных пород.

Ключевые слова: горная порода, скальный массив, анизотропия прочности, полярная диаграмма прочности, паспорт прочности, породный контур, эпюра прочности.

Строительство в скальных породах, которое совсем недавно считалось строительным искусством и было чуть ли не прерогативой практиков, теперь становится точной наукой.

Леопольд Мюллер, "Der Felsbau", 1971

Массивы горных пород (ГП) обладают сложным иерархичным строением и отличаются особенностями залегания и степенью нарушенности (трещиноватостью и блочностью) слагающих горных пород, а также показателями геомеханического (действующие силы, напряжения и деформации гравитационного, тектонического и техногенного происхождения) и физического (эрозионные процессы и др.) состояния.

Важнейшей особенностью массивов ГП является их неоднородность: деформации сосредотачиваются преимущественно в ослабленных элементах структуры массива (в трещинах, на контактах и др.), в меньшей мере деформируются монолитные блоки ГП, ограниченные трещинами. Разрушение пород происходит, как правило, с образованием в направлениях действия эффективных значений касательных напряжений сдвиговых поверхностей скольжения, которые по своим концам вызывают продольные трещины разрыва вдоль максимального сжимающего напряжения. Сопротивление таким сдвигам обусловлено во многом сопротивлением разрушению ГП по структурным неоднородностям [1].

В случаях близкой взаимной ориентировки сдвиговых поверхностей ослабления в скальном массиве развитие в нем деформаций и его разрушение происходит преиму-

щественно в плоскости этого ослабления. Для осадочных пород такими плоскостями ослабления часто являются контакты между слоями или преобладающая система сдвиговой или разрывной трещиноватости.

Поскольку генезис большинства месторождений полезных ископаемых связан с осадочными породами, особую важность представляет изучение присущих всем типам таких пород структурных неоднородностей в виде слоистости, под которой понимают строение горных пород в виде налегающих один на другой слоёв, различающихся различными признаками (минеральным составом, цветом, структурой, т.е. строением и распределением частиц и др.).

Согласно Л.В. Пустовалову [2], структура выражает зернистость породы и определяется ею, а текстура — та сторона строения, которая выражается расположением зерен и определяется им, т.е. это слоистое или неслоистое расположение зерен (текстура в узком смысле слова) и степень укладки, или упаковки зерен.

На рисунке 1 представлены основные типы слоистости ГП согласно [2], из которого следует, что необходимо различать четыре основных морфологических типа слоистости: горизонтальная, волнистая, косоволнистая и косая.

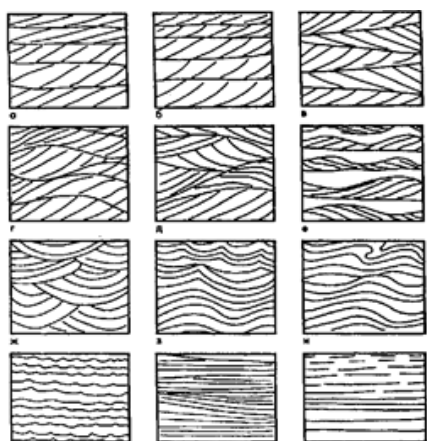


Рисунок 1 – Основные типы слоистости осадочных пород [2]

Для Донбасса к наиболее характерным типам слоистости пород можно отнести 4-й тип — горизонтально-волнистую слоистость: полого-косую (косо-горизонтальную), и строго горизонтальную (непрерывную и прерывистую).

Масштаб слоистых текстур выражается порядком их толщины: декаметровая, метровая, дециметровая, сантиметровая, миллиметровая и микрослоистость. Слоистость разных порядков присуща не только осадочным, но и магматическим и метаморфическим породам (рис. 2).

Исследованиями механических свойств слоистых пород занимались многие исследователи [3-5 и др.], которыми были установлены важные закономерности изменения деформационных и прочностных свойств пород с учетом влияния на них слоистости. Однако все же нельзя считать эти исследования исчерпывающими.



Рисунок 2 – Пример слоистости метаморфических пород

Остались недостаточно полно рассмотренными или оказались вне поля зрения исследователей ряд важных проблем изучения прочностных и деформационных показателей слоистых и трещиноватых пород. Так, недостаточно полно изучены вопросы изменения свойств слоистых ГП при разных сочетаниях параметров ослабления, не получил теоретического обоснования коэффициент структурного ослабления трещиноватых пород, нет ясного понимания, как изменяется паспорт прочности слоистой породы в области обобщенного сжатия и растяжения и, наконец, как использовать эти понятия при оценке устойчивости контура ГВ в слоистом скальном массиве и др. Особенно это важно в настоящее время, когда масштабы подземного строительства и добычи полезных ископаемых все увеличиваются, а условия ведения горных работ по мере роста глубин разработок постоянно усложняются. Поэтому исследования по изучению вопросов определения механических свойств скальных массивов, направленные на обоснование проектных и производственных решений и практических задач горной геомеханики становятся все более актуальными.

Цель исследования состоит в изучении влияния слоистости ГП на прочностные их показатели для оценки устойчивости горных выработок. **Объект** исследования – прочность слоистых горных пород, а **предмет** исследования – изучение влияния слоистости на прочность и построение паспорта прочности. **Задачи** исследования – обосновать необходимость учета слоистости при проектировании и строительстве горных выработок.

Основная идея исследования состоит в использовании паспортов прочности слоистых горных пород для учета устойчивости горных выработок.

Многочисленные экспериментальные испытания слоистых пород показали, что их прочность существенно зависит от угла β приложения нагрузки по отношению к направлению слоистости (рис. 3).

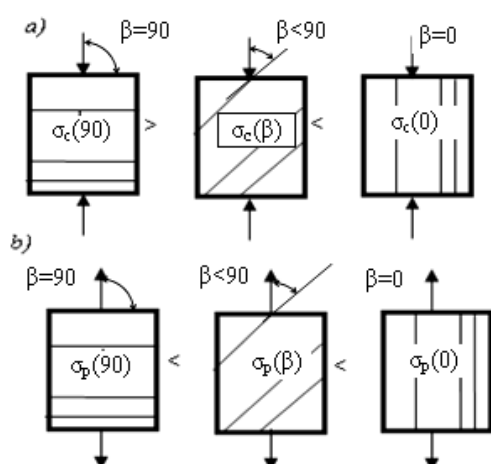


Рисунок 3 – Одноосное сжатие (а) и растяжение (б) пород под разными углами β к слоистости

Обозначим прочность горной породы на одноосное сжатие $\sigma(\beta)_c$, а на одноосное растяжение как $\sigma(\beta)_p$, $0 < \beta < 90^\circ$ – угол между плоскостью слоистости и направлением приложенного напряжения.

Если провести нагружение одной и той же слоистой породы под разными углами β к слоистости, то предел прочности может изменяться в несколько раз. Здесь угол β показывает направление приложения напряжений по отношению к слоистости образца. Поэтому при $\beta = 0^\circ$ напряжения действуют вдоль слоистости, а при $\beta = 90^\circ$ – перпендикулярно слоистости.

При этом, как правило, выполняются неравенства (рис. 3):

а) для сжатия

$$\sigma_c(90) > \sigma_c(0) > \sigma_c(\beta < 90);$$

б) для растяжения

$$\sigma_p(90) < \sigma_p(0) < \sigma_p(\beta < 90).$$

Эти соотношения позволяют судить о сопротивлении пород разрушению, если их нагружение производят под разными углами $0 < \beta < 90$ к слоистости.

Если производить испытания пород, постепенно меняя угол наклона нагрузки к слоистости, то можно получить зависимость прочности от угла β наклона напряжений к слоистости. Эти зависимости удобно представлять в виде полярной диаграммы прочности ГП (рис. 4).

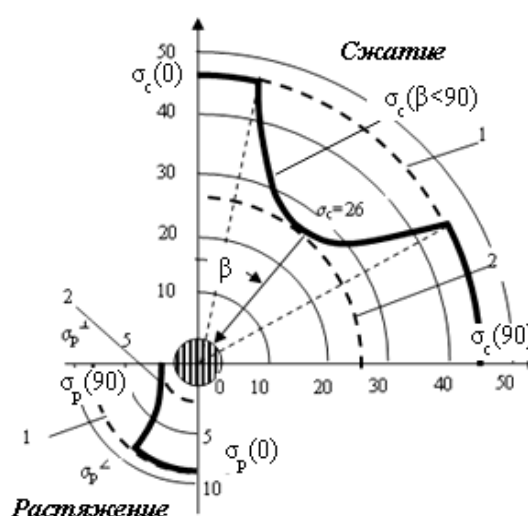


Рисунок 4 – Полярная диаграмма прочности на одноосное сжатие и растяжение слоистого аргиллита

Чтобы получить полярную диаграмму прочности слоистой породы следует провести достаточно трудоемкие лабораторные испытания. Для этого партию образцов испытываемой породы изготавливают так, чтобы получить наборы образцов (не менее, чем по 6-8 шт.), у которых были заданы определённые углы приложения нагрузки β к направлению их слоистости (например, $\beta = 0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$) и подвергают их одноосному сжатию или растяжению.

После проведения испытаний на полярной диаграмме откладывают под углом β полученное значение прочности породы (рис. 4). Затем производят построение на полярной диаграмме с координатами $\sigma_c - \beta$ и $\sigma_p - \beta$ семейство точек, соответствующих прочности под разными углами к слоистости, и проводят по этим точкам кривую, которая и будет полярной диаграммой прочности горной породы.

Внимательнее изучим эту диаграмму. Координатная сетка здесь выглядит в виде концентрических дуг (прочности) и радиусов под углом β . В I-м квадранте представлена полярная диаграмма прочности на одноосное сжатие $\sigma_c(0 < \beta < 90)$, а в III-м квадранте – диаграмма прочности на одноосное растяжение $\sigma_p(0 < \beta < 90)$.

Если бы порода была однородной (без слоистости), то её прочность не зависела бы от полярного угла β и её анизотропия прочности отсутствует, т.е. порода идеально изотропна. Полярная диаграмма вырождается в обычные круговые дуги 1, показанные штриховыми линиями в I-м и III-м квадрантах.

Второй предельный случай – если порода равномерно по всем направлениям покрыта однородными системами трещин, тогда реализуется еще один случай изотропии прочности: по всем направлениям образца прочность равна прочности ослабления. Диаграмма вырождается к кругу минимальной равномерной прочностью на одноосное сжатие и растяжение в виде дуг 2, также показанные штриховыми линиями в I-м и III-м квадрантах.

Таким образом, прочность реальной породы с линейными плоскостями ослабления изменяется от максимальных 1 до минимальных 2 значений на диаграмме. Отметим, что масштабы для напряжений в I-м и III-м квадрантах диаграммы могут быть приняты для удобства пользования разными, например, для прочности на одноосное растяжение – значительно больше (в 5...10 раз), поскольку эта прочность для горных пород, как правило, в 10-20 раз меньше прочности на сжатие.

Зависимость прочности от слоистости можно графически отобразить и в обычной декартовой системе координат $\beta - \sigma_c(\beta)$ и $\beta - \sigma_p(\beta)$, которая хотя и не столь наглядна, как полярная диаграмма, зато с ней удобнее работать (рис. 5).

Значительно сложнее решить задачу определения паспорта прочности слоистой ГП при произвольном напряженном состоянии, что требует многократно более трудных лабораторных испытаний с применением стабилметров и другого сложного оборудования. Возникает вопрос: неужели необходимо проводить многочисленные трудоемкие испытания большого числа образцов под разными углами к напластованию, чтобы построить диаграмму прочности? Ведь это длительная и затратная высококвалифицированная работа в сертифицированных лабораториях с дефицитным оборудованием.

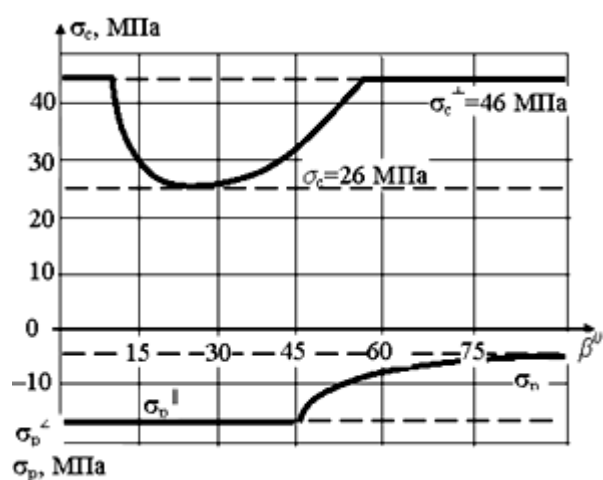


Рисунок 5 – Диаграмма прочности того же аргиллита в декартовых координатах

Оказывается, есть и более удобный способ определения прочности слоистой породы, который состоит в построении паспорта прочности диаграммы Мора для слоистой породы путем использования изотропных паспортов прочности ослабленного контакта и ненарушенной породы. Покажем, как следует для этого поступить путем достаточно простых последовательных графических построений.

Пусть нам известны паспорта прочности для изотропной породы без слоистости 1 и для породы, у которой прочность соответствует прочности поверхностей контакта 2. На диаграмме О. Мора они будут выглядеть как бы «вложенными» друг в друга паспортами прочности (рис. 6). Именно здесь заключена вся информация о поведении породы с плоскостями ослабления в виде слоистости при любых испытаниях. Для этого следует воспользоваться графическими свойствами диаграммы О. Мора, обходясь без громоздких аналитических расчётов.

Рассмотрим, как построить диаграмму прочности породы с поверхностями ослабления для заданного минимального напряжения σ_3 . Это напряжение σ_3 наносим на диаграмму Мора и строим предельный круг напряжений 3, который касается паспорта прочности 1 изотропной породы и пересекает паспорт прочности 2 с прочностными параметрами контакта.

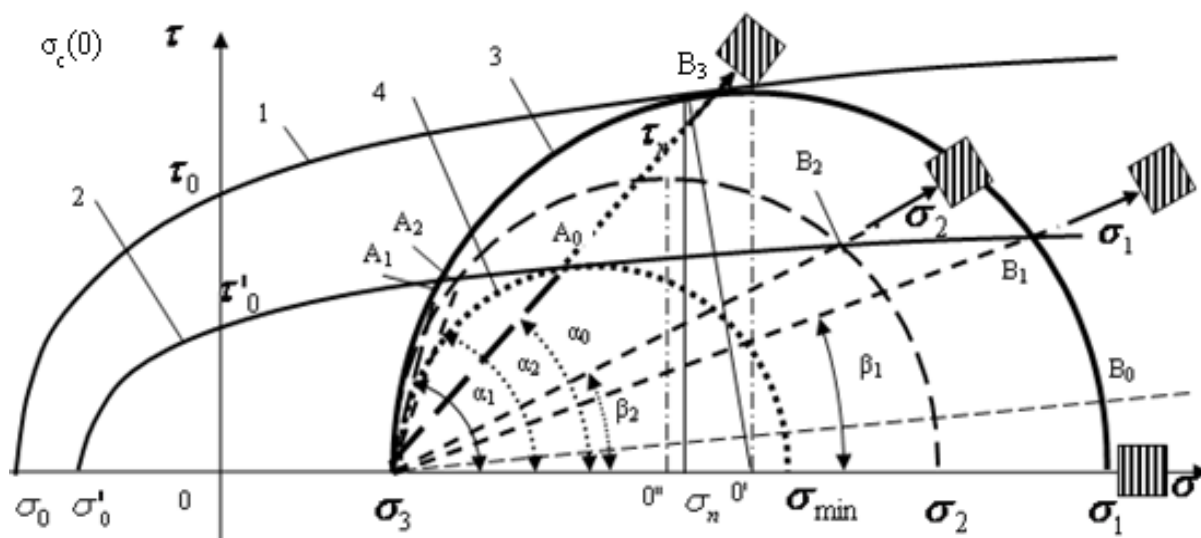


Рисунок 6 – Диаграмма паспорта прочности слоистой породы без (1) и со слоистостью (2) при заданном минимальном напряжении σ_3

Сразу получаем важную информацию о влиянии слоистости на особенности разрушения породы. Для этого из точки σ_3 как из полюса проведём характерные лучи до пересечения с кругом 3. Наиболее характерными лучами будут:

- луч под углом β_1 в точку B_1 пересечения круга σ_1 и паспорта прочности 2 слоистости;
- луч под углом β_3 в точку B_3 пересечения круга σ_1 и паспорта прочности 1 породы.

Луч под углом $\beta < \beta_1$ показывает, что если приложить напряжение под углом β_1 к нормали напластования, то точка B_0 пересечения предельного круга 3 окажется под паспортом прочности 2, т.е. разрушения породы по плоскости ослабления невозможны. Но, поскольку точка B_0 находится на предельном круге 3, разрушение будет происходить вне плоскости ослабления, т.е. как у изотропной (однородной) породы.

Начнём постепенно увеличивать угол β , это значит, что напряжение σ_1 станет все более отклоняться от нормали к слоистости. Когда угол β станет равным $\beta = \beta_1$ в точке B_1 диаграммы, предельное состояние будет создано не только на предельном круге 3, но и на поверхности ослабления 2. Сразу заметим, что и с другой стороны предельного круга 1 мы видим точку

его пересечения A_1 с лучом, которому соответствует угол α_1 , отсчитываемый от оси σ в том же направлении. Следовательно, при углах $\alpha > \alpha_1$ прочность будет представлена предельным кругом 1 без учёта ослаблений, а при $\alpha < \alpha_1$ прочность будет предопределяться паспортом слоистости 2.

Следовательно, мы получили из паспортов прочности, что в диапазоне углов приложения нагрузки $\alpha > \alpha_1$ и $\beta < \beta_1$ слоистость на прочность не влияет. Вне этого диапазона углов прочность предопределяется только слоистостью. Рассмотрим, как это можно учесть.

Для этого построим паспорт прочности для произвольной точки $\beta > \beta_1$, т.е. на участке влияния слоистости на прочность, например, при $\beta = \beta_2 > \beta_1$. Проведём луч под углом β_2 до пересечения с предельной кривой слоистости 2 в точке B_2 и построим предельный круг прочности, который проходит через точки B_2 , A_2 , σ_3 и центр которого лежит в точке $0''$ (показан пунктиром). Следовательно, когда максимальное напряжение действует под углом β_2 к слоистости, прочность равна σ_2 , т.е. значению напряжения, в котором предельный круг пересекает ось σ .

Обратим внимание на то, что наш предельный круг пересекает паспорт прочности слоистости ещё в одной точке – A_2 . Этому пересечению соответствует угол приложения максимального напряжения под углом α_2 к слоистости. Таким образом, мы определили ещё одну точку на полярной диаграмме, где прочность будет равна σ_2 . Так, последовательно изменяя угол наклона β , мы определяем ему соответствующую прочность, задаваемую паспортом слоистости, одновременно находя для этой прочности и соответствующий угол α , характеризующий наклон главного напряжения относительно направления слоистости.

Сразу можно на основе таких построений найти и критический угол $\alpha_m = \beta_m$, соответствующий касанию предельного круга 4 в точке A_0 и показывающий минимальную прочность σ_{\min} , вызванную наличием плоскостей ослабления.

Для случая растяжения слоистой породы нами впервые построена диаграмма паспорта прочности с позиций аналитической теории прочности с учетом его нелинейного поведения, вызванного появлением на сдвиговых площадках разрушения участков жидкостного трения, ответственных за пластические свойства породы при ее нагружении. На рисунке 7 показаны основные элементы построения такой диаграммы для одноосного растяжения.

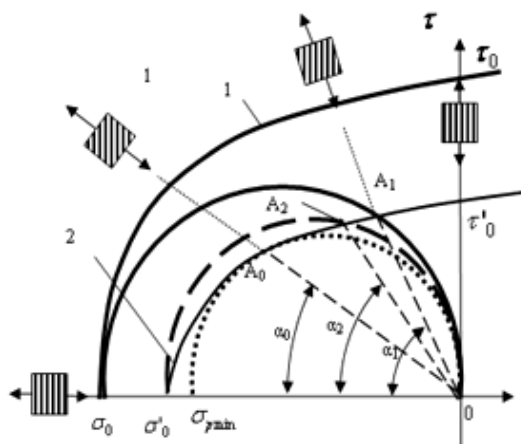


Рисунок 7 – Диаграмма паспорта прочности слоистой породы при растяжении с заданным максимальным напряжением $\sigma_1 = 0$

Обратим внимание на особенности такого построения. Как видно из рисунка 7, предельный круг для одноосного растяжения касается паспорта прочности породы 1 и пересекает паспорт прочности слоистости 2 в единственной точке A_1 , находящейся под углом α_1 к нормали слоистости. Поэтому в диапазоне от 90° до α_1 прочность на растяжение не зависит от слоистости и равна σ_0 (в данном конкретном случае).

Когда угол $\alpha < \alpha_1$, начинается область, где прочность на растяжение предопределяется слоистостью. После того, как угол $\alpha < \alpha_0$, прочность достигает своего минимума, равного прочности на отрыв перпендикулярно плоскости слоистости.

Таким образом, мы получили особенности изменения прочности слоистого материала в зависимости от наклона главных площадок относительно слоистости. Безусловно, вместо графического метода можно было привести соответствующие аналитические выражения, однако они достаточно громоздки и менее наглядны.

Важным преимуществом предложенного подхода является отсутствие ограничений на вид паспортов прочности материала и параметров прочности на поверхности слоистости. И если ранее подобные диаграммы строились лишь для одноосного нагружения и линейных паспортов прочности, сейчас появилась возможность оценить несущую способность слоистой среды даже в условиях объёмного произвольного нагружения и для реальных нелинейных паспортов ГП, которые впервые описаны в [1].

Не представляет особого труда определить прочность не только слоистого материала, но и содержащего иные неоднородности, вызывающие ослабления прочности по произвольным поверхностям внутри материала.

Особенно важен случай, когда в породе имеются неоднородности в виде одной или нескольких систем трещин. Тогда следует учесть каждую систему трещин в терминах структурной геомеханики, т.е. определить сплошность (повреждённость), которая характеризует эту систему, а затем можно

оценить, как изменяется прочность по разным направлениям нагружения относительно плоскости трещин.

В качестве практического примера использования анизотропии прочности рассмотрим прочность породного контура прямоугольной горной выработки (эпюру прочности), пройденной в слоистом массиве с углом падения 25^0 (рис. 8).

Породы на контуре горной выработки находятся в плосконапряженном (напряжение, нормальное к контуру $\sigma_3=0$) и плоско деформированном (деформация вдоль оси выработки $\varepsilon_3=0$) напряженном состоянии. Главное нормальное напряжение, параллельное контуру незакреплённой выработки $\sigma_\theta=\sigma_1$, предопределяет устойчивость контура. Это позволяет определить угол наклона главных площадок по отношению слоистости. Для заданного угла падения 25^0 слоистость в боках наклонена к главным площадкам под углом 65^0 , а в кровле и почве под углом 25^0 .

По полярной диаграмме анизотропии на рисунке 6 определяем в боках выработки прочность на сжатие $\sigma_c(65^0) = 40$ МПа и на растяжение $\sigma_p(65^0) = 3$ МПа, соответственно в кровле и почве получим $\sigma_c(25^0) = 28$ МПа и $\sigma_p(25^0) = 8$ МПа.

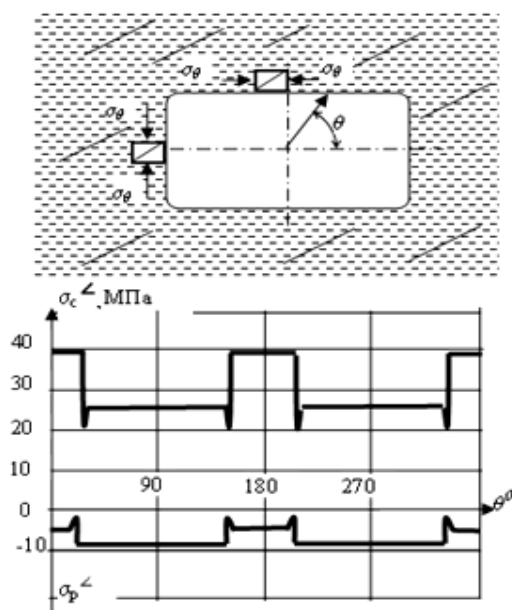


Рисунок 8 – Эпюра прочности слоистой породы на контуре выработки

Поскольку на каждой из сторон выработки угол между напряжениями и слоистостью не меняется, эпюра прочности имеет кусочно-прямолинейный вид. При этом на контуре прямоугольной формы имеются 4 сингулярных точки, где прочность породы является неопределенной, поскольку здесь площадки главных напряжений не имеют заданной ориентации.

Поэтому в углах выработки происходит быстрое изменение направления главных площадок на 90^0 , возникает вопрос: и какое значение прочности взять? Ясно, что самым опасным будет случай минимальной прочности, которую и следует принимать в расчётах. На эпюре прочности в углах заметны пиковые минимальные значения прочности на одноосные сжатие и растяжение, что делает эти участки контура самыми потенциально опасными по разрушению.

Следовательно, несмотря на то, что выработка расположена в одной и той же однородной породе (например, в песчанике, аргиллите и т.д.), но если эта порода слоистая, то на разных участках контура прочность этой породы может существенно различаться. Соответственно это приводит к значительному изменению устойчивости пород на контуре, на что зачастую на практике не обращают внимание и не могут объяснить непонятное с первого взгляда поведение пород [6].

В настоящее время в качестве исходных данных для проектирования строительства горных объектов в скальных породах используют данные лабораторных испытаний горных пород, полученных при бурении разведочных скважин. При этом ограничиваются определением лишь прочности на одноосные сжатие и растяжение породы перпендикулярно слоистости. Как следует из вышеизложенного, такая практика является совершенно недопустимой и может привести к появлению ошибок проектирования первого (когда устойчивость породного контура завышена) и второго (когда она недооценена) рода. И если ошибки первого рода приводят к непрогнозируемому разрушению подземных объектов, то ошибки второго рода, хотя

и остаются незамеченными, создавая иллюзию удовлетворительного состояния пород, однако скрывают в себе неоправданно завышенные запасы прочности конструкций, что ведет к излишним расходам трудовых и материальных ресурсов.

Вышеизложенное заставляет настоятельно рекомендовать изменить нормативные документы проектирования подземных объектов и учитывать реальные деформационно-прочностные показатели горных пород с учетом важных параметров анизотропии их свойств.

Таким образом, полученные результаты позволяют горному инженеру в проектных и производственных организациях:

1) определять деформационно-прочностные параметры слоистых горных пород;

2) использовать диаграмму паспортов прочности для оценки и учета влияния слоистости и поверхностей ослаблений, снизить трудоемкость испытаний слоистых пород;

3) с помощью предложенной методики учитывать влияние на прочность пород произвольных систем трещин в скальных массивах;

4) строить эпюру прочности породного контура вокруг выработки произвольной формы;

5) повысить надежность и эффективность проектирования подземного строительства.

Библиографический список

1. Литвинский Г. Г. Аналитическая теория прочности горных пород и массивов : монография / Г. Г. Литвинский. — Донецк : Норд-Пресс, 2008. — 207 с.
2. Пустовалов Л. В. Петрография осадочных пород : учебное пособие / Л. В. Пустовалов. — М. : Гостоптехиздат, 1940. — Ч. II. — 420 с.
3. Глушихин Ф. П. Моделирование в геомеханике / Ф. П. Глушихин, Г. Н. Кузнецов, М. Ф. Шклярский, В. Н. Павлов, М. С. Золотников. — М. : Недра, 1991. — 240 с.
4. Мюллер Л. Инженерная геология. Механика скальных массивов / Л. Мюллер. — М. : Мир, 1971. — 236 с.
5. Рац М. В. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород / М. В. Рац, С. Н. Чернышев. — Москва : Недра, 1970. — 164 с.
6. Шкурский Е. Ф. Шахтная геология : учебное пособие / Е. Ф. Шкурский. — Алчевск : ДонГТУ, 2007. — 145 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонНТУ Борщевским С.В.,
к.т.н., доц. ДонГТУ Мележиком А.И.

Статья поступила в редакцию 25.11.15.

д.т.н. Литвинський Г. Г. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР, ligag@ya.ru)

ШАРУВАТІСТЬ І АНІЗОТРОПІЯ МІЦНОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Розглянута проблема урахування шаруватості і анізотропії міцності скельних масивів і гірських порід. Показано шляхи визначення діаграми міцності гірських порід при одновісному стисненні і розтягуванні. Вивчено питання паспорта міцності шаруватої породи. Запропоновано алгоритм побудови епюри міцності на породному контурі гірничої виробки довільної форми з урахуванням шаруватості гірських порід.

Ключові слова: гірська порода, скельний масив, анізотропія міцності, полярна діаграма міцності, паспорт міцності, породний контур, епюра міцності.

Ph.D. Litvinsky G.G. (DonSTU, Alchevsk, LPR, ligag@ya.ru)

STRATIFICATION AND ANISOTROPY STRENGTH OF ROCK

The problem of the stratification and anisotropy of the rock strength is studied. The ways of determining the strength of rock under uniaxial compression and tension are showed. The issue of certificate of layered rock has been studied. An algorithm for constructing a strength diagram basing the rock contour of free shape working considering rock stratification.

Key words: rock, rock massif, anisotropy of strength, layered rock, polar diagram of strength, certificate of rock strength, rock contour, strength diagram.

УДК 622.016.001.2

д.т.н. Литвинский Г.Г.,
к.т.н. Смекалин Е.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ НА ЭВМ

Проведен анализ исторического развития форм поперечного сечения и типа крепи горных выработок. Рассмотрены причины деформаций породного контура горных выработок и нарушения рамной крепи. Указаны факторы, влияющие на выбор формы и размеров горных выработок и порядок их проектирования. Разработаны расчетные схемы для определения параметров сечения горных выработок арочной и четырехугольной формы. Сформулированы требования и разработана программа проектирования формы и размеров выработок на ЭВМ.

Ключевые слова: горная выработка, история рамной крепи, анализ тенденций крепления, проектирование формы, размеры сечения, программа проектирования.

Горная промышленность, конечная цель которой – добыча полезных ископаемых, постоянно нуждается в воспроизведении фронта выемочных работ, что требует непрерывного сооружения горных объектов взамен постепенно выбывающих из эксплуатации. Так, в угольной промышленности на 1 млн т добытого подземным способом угля необходимо обеспечить сооружение около 5-10 км горных выработок (ГВ).

При строительстве новой современной шахты особенно велики затраты на подземное строительство капитальных и подготовительных ГВ, протяженность которых может превышать 100-150 км. Сроки строительства такой шахты могут доходить до 5-7 лет и более, что обуславливает замораживание инвестиций в объеме \$3-5 млрд. При этом 70-80% стоимости основных фондов шахты составляют подземные ГВ разных форм и размеров поперечного сечения. Столь большие затраты на сооружение и поддержание делает проблему снижения стоимости ГВ постоянно актуальной. Пути решения этой проблемы могут быть различными, но первоочередными задачами, которые следует выполнить уже на стадии проектирования, являются обоснование рациональных формы и размеров ГВ. Методы проектирования ГВ достаточно разработаны и отражены в проектной и учебной библиографии [1-3 и др.]. К сожалению, этот ответственный этап работы вы-

полняется, в основном, в ручном режиме, что непроизводительно, не позволяет рассматривать многочисленные альтернативные варианты и чревато большими рисками принятия неэффективных решений.

Цель исследования состоит в снижении стоимости ГВ на стадии проектирования за счет автоматизированного выбора их формы и размеров. **Объектом** исследования является метод выбора формы и размеров ГВ, а **предмет** исследования – разработка для этого программы на ЭВМ. **Задачи** исследования – проанализировать исторические аспекты развития форм горных выработок, выявить технические противоречия в их обосновании, создать простую программу на ЭВМ для многовариантных расчетов, пригодную для использования в проектных организациях и учебном процессе для студентов горных специальностей.

Основная идея исследования состоит в проектировании на ЭВМ требуемых технологических параметров формы и размеров ГВ с учетом всех необходимых требований Правил безопасности и технических регламентов.

Уже в древнем мире, начиная с III-IV тысячелетия до Р.Х., при сооружении подземных выработок им старались придать различную форму, но преобладающими были прямоугольная или сводчатая (рис. 1а).

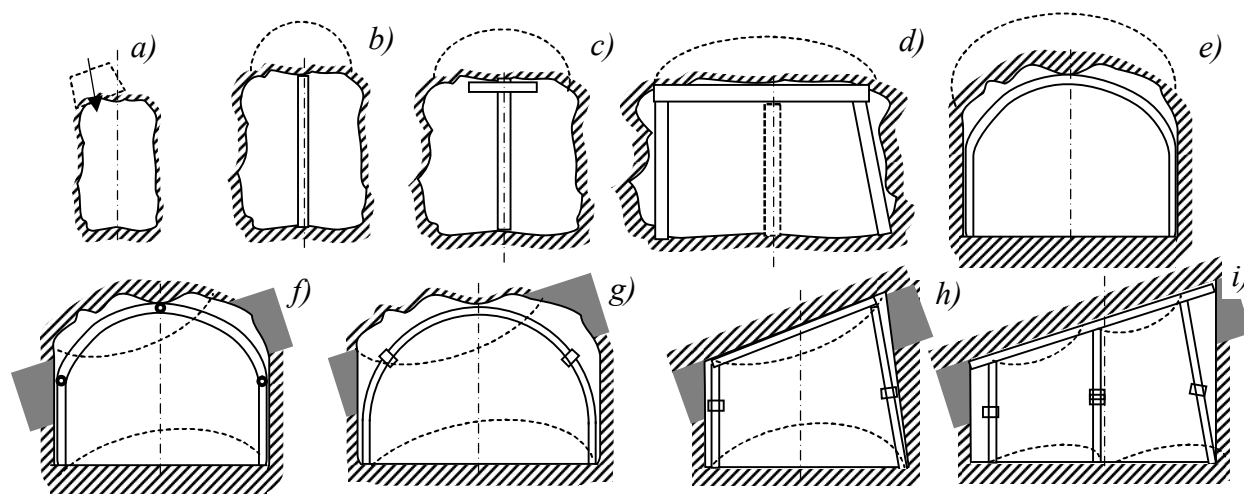


Рисунок 1 – Исторический тренд изменения формы и типа крепи подготовительных ГВ

Как правило, выработки были без крепи с неровным контуром, повторяющим трещины и ослабления, присущие массиву горных пород. Поскольку на характерных для того времени малых глубинах разработки, не превышающих нескольких десятков метров, напряженно-деформированное состояние массива было незначительным, породы на контуре разрушались в виде отслоений и вывалов, которые можно было удерживать примитивной крепью в виде заклиненной стойки (см. рис. 1b). Уже тогда было замечено, что в породах кровли выработки образуются свода естественного равновесия (СЕР), которые следует удерживать от обрушения центральной стойкой с подхватом (рис. 1c) или деревянной крепежной рамой (рис. 1d). Такие ГВ имели форму чаще всего неправильного четырехугольника.

Выработки с долговременным сроком службы обычно крепили бутовой и каменной крепью, а чтобы уменьшить давление с кровли, ей вначале интуитивно, а затем сознательно придавали сводчатую форму разной степени вытянутости. Однако прямоугольная форма ГВ ввиду лучшего использования поперечного сечения и применения более дешевой деревянной рамной крепи доминировала. Со временем глубина разработок и площадь поперечного сечения ГВ увеличи-

вались, горное давление возрастало и крепь подготовительных ГВ, у которых срок службы был относительно коротким (1-3 года), усложнялась и утяжелялась. Для усиления деревянных верхняков, которые часто ломались от изгиба, стали устанавливать центральные стойки (рис. 1d), однако они затрудняли размещение оборудования и транспорт в ГВ, что сдерживало их применение.

Как правило, форма ГВ, которые проводили вдоль жил или россыпей полезных ископаемых, зависела от положения в пространстве ископаемых в виде горизонтальных, параллельных цепочек или россыпей. Немало выработок было таких малых размеров, что в них едва протискивался человек (серебряные рудники в Чехии возле Праги и др.). Апофеозом крепежного мастерства того времени можно назвать старинные крупные рудники, которые сохранились до сих пор и имеют музейную ценность, такие, как месторождение каменной соли в городе Величка, Польша, которое разрабатывали с XIII по XX века (рис. 2) и др. [4]. Такое неспешное эволюционное развитие горной технологии происходило вплоть до эпохи первой промышленной революции (XVIII—XIX века) в ведущих горнопромышленных державах в виде перехода от ручного труда к машинному, когда резко возросла потребность в энергии.



Рисунок 2 – Старые крепи в королевской соляной шахте Величко в Польше

В 1783 году английский металлург Генри Корт получил патент на изобретенный им способ проката фасонного железа с помощью особых вальцов, что приобрело особую значимость для строительства, машиностроения и транспорта. И это сразу сказалось на форме и размерах выработок, поскольку появилась возможность перейти от деревянных к стальным типам крепи из прокатных профилей.

В середине XIX в. по аналогии с деревянными конструкциями крепежных рам (вполне подчиняясь диктату инерции мышления) начали применять двутавровые и рельсовые прямолинейные верхняки на шахтах Германии и Чехии. Накопленный промышленный опыт применения таких крепей показал, что прямолинейные верхняки обладают низкой прочностью на изгиб и часто деформируются, вызывая завалы ГВ и необходимость их ремонтов и перекреплений. Для увеличения прочности крепи начали применять сводчатые жесткие стальные рамы (см. рис. 1e), которые рассчитаны на распор в породные стенки ГВ. При смещениях пород жесткая конструкция крепи может приспособливаться к

ним только путем возникновения остаточных деформаций рамных элементов с последующим их разрушением, что недопустимо. В креплении ГВ возникло техническое противоречие, которое к началу XX в. заставило горных инженеров считать, что стальные конструкции непригодны для крепления ГВ. Это противоречие частично решили на шахтах Рура (фирма Мольтат и сыновья) путем введения в конструкцию крепи дополнительных шарниров (см. рис. 1f). В результате это позволило несколько снизить неравномерность распределения внешних нагрузок путем их перераспределения на боковые породы (1924 г.).

В 1930 г. германская фирма «Туссен-Хайнцман» разрабатывает парные желобчатые профили различных типоразмеров и удачную конструкцию их податливых соединений. Благодаря этому, стальные рамы получили податливость и возможность приспособляться к большим смещениям породного контура в подготовительных ГВ, что обеспечило их повсеместное распространение в виде арочных конструкций во всех развитых горнодобывающих странах (рис. 1g,h). Трапециевидные крепи остались только для условий незначительного горного давления во вспомогательных ГВ.

Наступил период доминирования сводчатых ГВ в горной промышленности, который продолжается до сих пор и привел к тому, что на шахтах Донбасса более чем 90% подготовительных ГВ имеют арочную форму. В немалой степени этому способствовало простота конструкции арки циркульной формы, удобство ее изготовления и доступность ручной установки. И это несмотря на повышенный расход проката из-за увеличения периметра крепи и дополнительные объемы выемки породы в своде выработки. Общепринято стало считать, что арочная крепь из спецпрофиля обладает лучшим конструктивным решением и является универсальным средством крепления, т.е. превратилась в шаблонный эталон.



Рисунок 3 – Состояние крепи на разных участках штрека 25 ЗКШ
ш. Суходольская-Восточная, гор. 980м

Ошибочность такого подхода начала проявляться при широком применении крепи в сложных горно-геологических условиях, особенно при креплении пластовых подготовительных ГВ.

Оказалось, что они при эксплуатации стали требовать частых ремонтов (30-40% протяженности) и перекреплений (10-15%), а это приводит к значительным затратам трудовых и материальных ресурсов (рис. 3).

В арочных ГВ наличие пустот закрепного пространства, особенно в условиях больших глубин, приводит к беспрепятственному ускоренному росту зоны запредельных деформаций вокруг ГВ и формированию повышенных неравномерных нагрузок на крепь. Попытки повысить несущую способность крепи экстенсивным путем за счет перехода на тяжелые профили проката (СВП-27, СВП-33 и т.д.) резко увеличили материалоемкость и стоимость крепи, однако не решили проблему низкой ее устойчивости, особенно в зоне вредного влияния очистных работ.

Ремонтными и восстановительными работами приходится устранять последствия проявлений горного давления: деформирование верхняков арки, изгиб стоек и значительное выдавливание (пучение) пород почвы, что вызвано следующими причинами:

- неровности породного контура и большие пустоты закрепного пространства лишают крепь «опоры» на боковые породы;

- неравномерность нагружения верхняков из-за неровностей контура снижает несущую способность крепи в 5-10 раз;

- неудовлетворительная работа узлов податливости рамной крепи и несоответствие их сопротивления прочности верхняка заставляют крепь работать в жестком режиме и деформироваться;

- породы почвы подвержены пучению (80% протяженности ГВ на глубине 700 м) из-за отсутствия мер по его устранению, что требует многократной подрывки почвы.

В сводчатых ГВ все попытки применения прогрессивной анкерной крепи также оказались мало эффективными, поскольку она непригодна при неровном породном обнажении и не может устранить пучение почвы.

Альтернативой для сводчатой формы являются ГВ с плоской кровлей (четыреугольные – трапециевидальные, прямоугольные и др.). В них нет проблемы неровностей кровли, поскольку кровля воспроизводит естественную контактную поверхность пласта, а значит – наиболее благоприятные контактные условия для работы верхняков. Однако большие пролеты прямых верхняков приводят к их низкой прочности и частым поломкам, что недопустимо и заставило отказываться от таких крепей.

Таким образом, в результате длительного периода конкуренции сводчатой и прямоугольной форм кровли ГВ на шахтах возникло явно выраженное техническое противоречие: обе формы оказываются мало пригодными для условий повышенного горного давления.

Анализ применяемых в настоящее время конструкций крепи показал, что наи-

большее распространение получила рамная податливая крепь арочной или трапецеидальной формы из специального взаимозаменяемого профиля (СВП).

Арочную форму обычно применяют в полевых и пластовых ГВ, выполняя выемку (верхнюю подрывку) пород кровли пласта, что и создает неровности контура. Крепь изготавливают с прямыми стойками двух типов: трехзвенную с податливостью до 300-400 мм и пятизвенную с податливостью 700-1000 мм в зависимости от ожидаемых смещений пород. Следует отметить, что при углах падения пласта более 30° направление конструктивной податливости арки не совпадает с направлением смещений породного контура, что еще более снижает ее несущую способность.

Прямоугольные и трапецеидальные ГВ с плоской кровлей при отсутствии пучения почвы применяют при пологом залегании пород с целью уменьшения площади поперечного сечения на 10-15 % и упрощения сопряжения выработки с лавой. В Донбассе в подобных условиях применяют податливую рамную крепь КПС, составные стойки которой обеспечивают податливость до 1300 мм. При ширине выработки более 4 м для повышения несущей способности верхняка устанавливают промежуточную составную стойку. Такая рамная крепь хорошо сочетается с анкерами, снижающих смещения пролетов пород плоской кровли.

Анкерная крепь может применяться и самостоятельно для крепления кровли и боков подготовительных выработок различных форм. Ее использование основано на скреплении отдельных породных слоев между собой с целью создания армопородных конструкций или пришивания легкобрушающихся слоев пород к более прочной и устойчивой породе. Применение анкеров совместно с другими видами крепи или вместо их дает возможность значительно сократить расход материалов, уменьшить стоимость и трудоемкость проведения и крепления выработок. Однако при неровном контуре анкера малоэффективны.

В пластовых выработках с небольшим сроком службы (просеках, печах и др.) и на-

клонных выработках с углом наклона свыше 30° применяют деревянную крепь в виде отдельных стоек и верхняков или в виде неполных и полных трапецевидных крепежных рам, устанавливаемых вплотную или в разбежку.

Выбор того или иного типа крепи зависит от целого ряда факторов и неразрывно связан с выбором формы и определением размеров ГВ. Данная задача основана на применении геометрических построений, требует знания методики проектирования ГВ, нормативных документов (положений строительных норм и правил, правил безопасности и технической эксплуатации горных предприятий и др.), основ объемно-планировочных решений ГВ и навыков проекционного черчения и оформления чертежей.

Критерием выбора параметров поперечного сечения ГВ должны служить минимальная стоимость сооружения выработки и минимальные затраты на ее поддержание в течение всего срока службы, а при выборе конструкции крепи необходимо руководствоваться комплексными критериями ее работоспособности и эффективности [5].

Форма и размеры поперечного сечения ГВ должны обеспечивать безремонтное поддержание и проектную пропускную способность при ее проведении и эксплуатации, а также соблюдение требований безопасности при перемещении людей, размещении транспортных средств, инженерных коммуникаций и прочего оборудования. Поскольку форма ГВ может быть разной [2] (арочная, сводчатая, круглая, прямоугольная, трапецевидная, полигональная и пр.), её выбор и определение размеров поперечного сечения ГВ является многовариантной задачей, при решении которой следует учитывать следующие факторы:

❖ **технические:** назначение выработки; ее срок службы, конструкция и материал крепи; наличие воды и метана, габаритные размеры размещаемого оборудования и транспортных средств;

❖ **технологические:** способ проведения, тип подрывки вмещающих пород, гладкость породного контура, регламентируемые ПБ зазоры, ограничения попе-

речного сечения ГВ по размерам, допустимые скорости потока воздуха и др.;

- ❖ **геомеханические:** устойчивость пород, характер проявления и интенсивность горного давления, прогнозируемые смещения контура, влияние соседних ГВ и лавы и т.д. Все параметры проектируемых ГВ должны удовлетворять требованиям ПБ, к которым, в первую очередь, относятся минимальные площади поперечного сечения горизонтальных и наклонных выработок. Рассмотренные варианты сечений горных выработок, которые были приняты во внимание в разработанной программе проектирования на ЭВМ (рис. 4 и 5), представлены на рисунке 6.

В зависимости от назначения ГВ ее площадь должна выбираться:

- ❖ для главных откаточных и вентиляционных выработок в пределах от 9 м^2 при высоте не менее $1,9 \text{ м}$;
- ❖ для участков ГВ вне зоны $6,0$ и в зоне влияния очистных работ $4,5 \text{ м}^2$ при высоте не менее $1,8 \text{ м}$;
- ❖ для вентиляционных просек, печей, косовичников и других выработок не менее $1,5 \text{ м}^2$ при минимальной высоте $0,7 \text{ м}$.

Размеры поперечного сечения выработки определяют в зависимости от ее назначения и числа рельсовых путей, от способа передвижения людей и габаритов подвижного состава, конвейеров и стационарного оборудования, а также с учетом зазоров, предусмотренных ПБ.

Порядок проектирования ГВ состоит в следующем:

1. по функциональному назначению выработки выбирают требуемое оборудование;
2. обосновывают тип крепи;
3. выбирают форму ГВ в зависимости от горно-геологических условий;
4. определяют размеры поперечного сечения в свету согласно требованиям ПБ;
5. решают задачу горного давления и определяют ожидаемые смещения породного контура;
6. увеличивают размеры поперечного сечения в свету на величину смещения по-

род и выбирают ближайшее большее по типовым сечениям ГВ;

7. в соответствии с параметрами горного давления выполняют расчет прочных размеров крепи;

8. с учетом размеров крепи и затяжки находят сечение ГВ в черне и в проходке.

В угольных шахтах согласно ПБ ширина проходов для людей должна быть выдержана на высоте выработки не менее $1,8 \text{ м}$ от почвы (тротуара) и составляет $0,7 \text{ м}$ на прямолинейном участке.

Минимальные зазоры между транспортными средствами и крепью, а также между различными транспортными в соответствии с ПБ изменяются в зависимости от применяемого оборудования и типа крепи от $0,2$ до $1,0 \text{ м}$. На закруглениях и в местах установки стрелочных переводов необходимо предусматривать увеличение междупутья и расстояния между осью пути и крепью в зависимости от радиуса закругления до $0,4 \text{ м}$.

Задачу определения параметров сечения ГВ решают обычно графоаналитическим методом, сущность которого состоит в следующем.

На бумагу в масштабе $1:50$ наносят максимальные размеры принятого транспортного оборудования (A_1 и A_2), минимальные зазоры между оборудованием m_1 и между оборудованием и крепью m с учетом величины прохода для людей $n = 0,7 \text{ м}$ на уровне $1,8 \text{ м}$ от балласта (рис. 4). Затем находят ширину выработки на уровне подвижного состава с учетом длины прямолинейной части стойки и ее кривизны для выбранной конструкции крепи.

Положение вертикальной оси выработки определяют путем деления ее ширины пополам, а затем графически определяют радиус дуги стойки, учитывая, что центр окружности находится от почвы выработки на высоте h_c и смещен от оси почвы выработки на величину c_u . Угол дуги стойки β_0 также можно найти графически. Найденные графически размеры должны согласовываться с сечениями выработок по ГОСТ 21152-75 или унифицированными типовыми сечениями. Все остальные размеры определяются согласно рис. 6 по расчетным формулам.



Программа "Выбор формы и определение размеров поперечного сечения выработок"
кафедра "Строительные геотехнологии" ДонГТУ

Авторы: проф. д-р техн. наук Г.Г. Литвинский, доц. к.т.н. Е.С. Смекалин

Данная программа предназначена для выбора формы и расчета параметров поперечного сечения горных выработок на угольных шахтах и рудниках. Может быть использована при проектировании паспорта крепления и в учебных целях по дисциплине "Технология сооружения горных выработок" для студентов горных специальностей

Ввести исходные данные в графу "Значение":
(выбрать из списка или, если данные неизвестны, ввести ноль)

1. Наименование выработки	Конвейерный уклон
2. Тип крепи	КМП-А3
3. Вагонетка	ВГ-2,5
4. Число и ширина коллени	1х900
5. Конвейер	ЛУ-100
6. Прочее транспортное оборудование	-
7. Категория шахты по газу	III
8. Объем воздуха, проходящего по выработке	100 м ³ /сек

Готово

Рисунок 4 – Интерфейс ввода данных программы для выбора формы и определения размеров поперечного сечения горных выработок

сравнение параметров выработок	Трап. расч	КПС ТС (л. 91.)	КПС-Т №19 9,4(свп22)	КМП-А5 (л. 252, свп22)	КМП-А3 (л. 62, свп22)
параметр	Трап расч	КПС ТС (л. 91.)	КПС-Т №19 9,4(свп22)	КМП-А5 (л. 252, свп22)	КМП-А3 (л. 62, свп22)
ширина выработки до /после осадки					
вчерне кровля	2,98	2,98	2,71	2,71	
почва	3,99	3,99	3,63	3,63	
в свету кровля	2,53	2,53	2,30	2,30	3,40
почва	3,34	3,34	3,04	3,04	4,20
высота выработки до /после осадки					
вчерне	2,88	2,31	2,62	2,10	
в свету	2,73	2,15	2,48	1,95	2,60
площадь сечения до/после осадки					
в проходке	9,24		8,40		12,28
в свету	6,16	6,16	5,60	5,60	9,40
периметр выработки					
		10,56		9,60	9,90
Масса элементов крепи					
комплект с замком АПЗ.070			250	362	266,57
					209,56

Готово

Рисунок 5 – Итоговая таблица результатов расчетов по разработанной программе

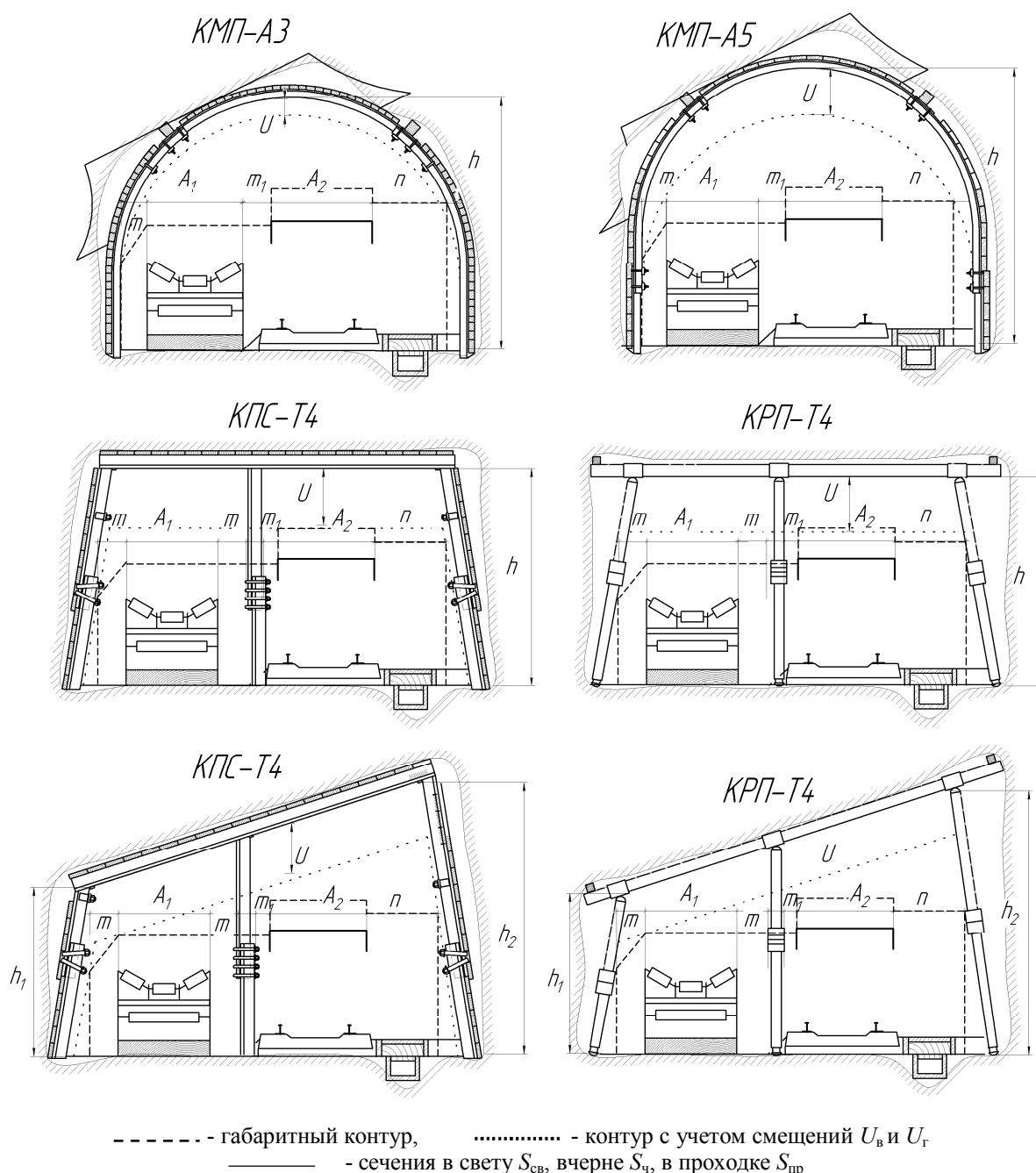


Рисунок 6 – Расчетные схемы для определения параметров сечения горных выработок арочной (КМП-А3 и КМП-А5) и четырехугольной формы (КПС-Т4 и КРП-Т4) для различных условий их заложения

Затем вокруг габаритов оборудования с учетом зазоров очерчивают контур выработки в свету, в черне и в проходке и находят основные размеры поперечного сечения и его площадь.

Площадь поперечного сечения выработки, установленную из условий размещения оборудования, транспорта и перемещения

людей следует проверить по количеству воздуха, проходящего по ней при эксплуатации при допустимой по ПБ скорости его движения (8 м/с в главных и капитальных ГВ, 6 м/с во всех прочих).

Сформулируем основные требования, которым должна отвечать программа выбора формы и размеров ГВ:

1. Универсальность – возможно более широкий охват различных типов ГВ и горно-геологических условий.
2. Учет основных влияющих факторов.
3. Наглядность результатов, простота их интерпретации и анализа.
4. Доступность и легкость использования.
5. Возможность применения в учебных целях, в проектных и производственных организациях.
6. Открытость, т.е. допускать изменения и апгрейд.

Изложенные выше принципы расчета параметров сечения ГВ и основные регламентирующие требования и ограничения положены в основу разработанной программы для ЭВМ, позволяющей автоматизировать расчет и в тестовой форме проверить знания студентов по дисциплине "Технология сооружения горных выработок".

Особенности программы П-ФРВ (форма и размеры выработки) таковы. Расчет ведется пошагово, в интерактивной форме. Исходные данные вводят в приведенную на рис. 4 форму. В помощь пользователю в программе предусмотрены справочные данные. В ходе расчета следует выбирать из справочных таблиц величины соответствующих зазоров между габаритами транспортного оборудования и крепью, параметры верхнего строения рельсового пути, размеры элементов крепи в зависимости от применяемого спецпрофиля и типа затяжки и др.

Результатом работы программы является расчет основных габаритных размеров горной выработки для представленных на рисунке 6 форм сечения и типов крепи.

Результаты работы программы сведены в итоговую таблицу (рис. 5).

Сравнив приведенные данные расчетов по предложенным ранее критериям работоспособности и эффективности [5], принимаем лучший вариант, графическое представление которого делается самостоятельно или на основе унифицированных типовых сечений, приведенных в программе на следующих листах библиотеки справочных материалов.

Выводы и рекомендации. На основе выполненного исторического обзора и ретроспективного анализа развития форм поперечного сечения горных выработок и типов крепи были выявлены главные тенденции и тренды, которые преобладают в горной промышленности. Рассмотрены причины деформаций породного контура горных выработок и нарушения рамной крепи, основными из которых являются образование зон запредельных деформаций и разрушений горных пород с последующим их выдавливание в выработку.

Дана классификация факторов, влияющих на форму и размеры, и предложен порядок проектирования выработок. Показано, что на первый план при проектировании выходят горно-геологические факторы, что делает необходимым учет прогнозируемых смещений контура выработки.

Разработаны расчетные схемы для определения параметров сечения горных выработок арочной и четырехугольной формы. Сформулированы требования и разработана программа проектирования формы и размеров выработок на ЭВМ.

Библиографический список

1. Вяльцев М. М. *Технология строительства горных предприятий в примерах и задачах* / М. М. Вяльцев. — М. : Недра, 1989. — 240 с.
2. Jovanovich Petar. *Projektovanje i proracun podgrade horizontalnih podzemnih prostorija*, Knj. 1 / Petar Jovanovich. — Beograd : Univerzitet u Beogradu, 1994. — 436 s.
3. *Унифицированные типовые сечения горных выработок [Т. I, II, III]* / Под ред. Е. П. Кравцова. — Киев: Будівельник, 1971.
4. Wieliczka Salt Mine. http://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g277819-d284943-Reviews-Wieliczka_Salt_Mine-Wieliczka_Lesser_Poland_Province_Southern_Poland.html

5. Литвинский Г. Г. Эффективность рамных конструкций крепи / Г. Г. Литвинский, Е. С. Смекалин. — Алчевск : ДонГТУ, 2015. — С. 18–25.

6. Литвинский Г. Г. Стальные рамные крепи горных выработок / Г. Г. Литвинский, Г. И. Гайко, Н. И. Кулдыркаев. — К. : Техника, 1999. — 216 с.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонНТУ Борщевским С.В.,
к.т.н., доц. ДонГТУ Мележиком А.И*

Статья поступила в редакцию 25.11.15.

**д.т.н. Литвинський Г.Г., к.т.н. Смекалін Є.С. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
ПРОЕКТУВАННЯ ФОРМИ Й РОЗМІРІВ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК НА ЕОМ**

Проведений аналіз історичного розвитку форм поперечного перерізу й типу кріплення гірничих виробок. Розглянуті причини деформацій породного контуру гірничих виробок і порушення рамного кріплення. Вказані фактори, що впливають на вибір форми й розмірів гірничих виробок і порядок їхнього проектування. Розроблені розрахункові схеми для визначення параметрів перетину гірничих виробок аркової й чотирикутної форми. Сформульовані вимоги й розроблена програма проектування форми й розмірів виробок на ЕОМ.

Ключові слова: гірничі виробки, історія рамного кріплення, аналіз тенденцій кріплення, проектування форми, розміри перетину, програма проектування.

**Ph.D. Litvinsky G.G., Ph.D. Smekalin E.S. (DonSTU, Alchevsk, LPR)
COMPUTER DESIGN OF A SHAPE AND SIZE OF UNDERGROUND WORKINGS**

The analysis of the historical development of the cross-sectional shapes and types of mine support is performed. The deformations causes of rock contour of mining and violations in frame support are studied. Factors influencing the choice of shapes and sizes of workings and the order of their design process are presented. There were developed calculation schemes for determining the parameters of the cross section of mining for arched and quadrangular shape. The requirements and a computer program for shape and size designing of workings were developed.

Key words: excavation, the story of frame support, analysis of support trends, designing the shapes, sectional sizes, design program.

УДК 621. 313: 621.318.122

к.т.н. Рутковский Ю.А.,
к.э.н. Зинченко А.М.,
к.т.н. Рутковский А.Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР),
Найчук В.В.
(НПО, г. Сумы, Украина)

РЕЗОНАНСНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВСАСЫВАЮЩИХ СИСТЕМ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

На основе анализа дифференциального уравнения неустановившегося движения газа в трубопроводе с учетом сил сопротивления определены значения оптимальных резонансных длин всасывающих трубопроводов для поршневых компрессоров с цилиндром двухстороннего действия в первой ступени с учетом его переменного объема в период всасывания. Установлено, что для поршневых компрессоров, используемых в промышленности, их всасывающие системы не отвечают условиям обеспечения резонансных режимов всасывания при работе.

Ключевые слова: поршневой компрессор, всасывающий трубопровод, колебания давления, резонанс.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Резонансные колебания давления газа во всасывающих и нагнетательных системах поршневых машин издавна привлекают внимание специалистов, так как научно обоснованное использование этих колебаний позволяет повысить мощность двигателей внутреннего сгорания до 47% [1], а производительность поршневых компрессоров до 20-25% [2-5].

В последнее время наблюдается повышенный интерес к этому способу интенсификации поршневых компрессоров, который получил название акустического или резонансного наддува. Заслуживает внимания стремление конструкторов уже на стадии проектирования использовать резонансный наддув для повышения производительности поршневых воздушных компрессорных машин нового поколения для ВРУ, реализующих циклы среднего и высокого давлений [3].

Эффект увеличения производительности резонансными колебаниями давления достигается практически без капитальных и эксплуатационных затрат – подбором длины всасывающего трубопровода. Для наддува

используются колебания столба газа в трубопроводе, возникающие в результате периодического всасывания. Колебания давления имеют место при любой длине трубопровода, но наибольшей амплитуды они достигают при резонансной длине, когда совпадут собственная частота колебания газового столба ω_0 и частота главной резонирующей гармоники ω возмущающих усилий, то есть резонанс возможен при условии, когда

$$\omega_0 = \omega. \quad (1)$$

В настоящее время преобладает мнение, что колебания давления вредны. Недостаточная изученность влияния колебаний давления на режимы работы поршневых компрессоров приводит к конструктивным решениям по усложнению всасывающих систем с целью снижения пульсаций давления, например, путем установки буферных емкостей [2]. Если в нагнетательных коммуникациях компрессоров гашение пульсаций давления технически оправдано, то использование резонансных колебаний давления газа во всасывающей системе для компрессоров с цилиндрами двухстороннего действия, (а именно такие имеют преимущественное распространение), может дать максималь-

ный эффект в увеличении производительности проектируемых и действующих поршневых компрессоров.

Однако резонансные явления не нашли практического применения в компрессорных машинах. Одной из главных причин такого положения является отсутствие количественных показателей влияния во всасывающем тракте термодинамических и газодинамических процессов на значения объемного коэффициента, коэффициента давления и температурного коэффициента, определяющих в конечном итоге коэффициент подачи и действительную производительность компрессора. Отсутствует сравнительный анализ влияния различных зон (дорезонансной, резонансной и зарезонансной) всасывающей системы, включающей в себя не только всасывающий трубопровод, но всасывающие клапаны и полость цилиндра, на режим работы компрессора и его экономичность.

Постановка задачи.

На основании выявленных причин, объясняющих отсутствие практического использования резонансных явлений во всасывающей системе для повышения эффективности поршневых компрессоров ставится задача определения значений оптимальных резонансных параметров всасывающих систем (длин и диаметров всасывающих трубопроводов), обеспечивающих максимальную производительность машины при резонансном наддуве.

Для решения этой задачи в данной работе использованы методы как аналитического, так и экспериментального исследования.

Изложение материала и его результаты.

Определение условий наступления резонансных колебаний давления газа во всасывающем трубопроводе сводится к достаточно точному расчету частоты собственных (свободных) колебаний газа в трубопроводе и определению его резонансной длины. Частота собственных колебаний газа зависит от формы трубопровода, его диаметра и длины, величины и расположения емкостей, находящихся в установке, в том числе и переменного объема цилиндра, присоединяемого к цилиндру в про-

цессе всасывания. На значение частоты собственных колебаний оказывает влияние скорость звука в газе, зависящая от плотности газа и его температуры.

На рис. 1 приведена наиболее часто встречающаяся в практике схема всасывающей системы компрессора: к одному концу трубы присоединен цилиндр двухстороннего действия, объем которого периодически меняется, другой конец трубы открыт в атмосферу.

Для такой системы резонансную длину всасывающего трубопровода рекомендуют определять исходя из уравнений, полученных В.А. Бондером [2]:

с учетом среднего объема цилиндра V_0

$$\operatorname{ctg} \frac{\omega_0}{C_{\text{св}}} L = \frac{\omega_0 V_0}{C_{\text{св}} S_{\text{тр}}}; \quad (2)$$

для трубы, открытой с одного конца ($V_0=0$)

$$\operatorname{ctg} \frac{\omega_0}{C_{\text{св}}} L = 0, \quad (3)$$

где ω_0 – частота собственных колебаний столба газа во всасывающей системе, рад/с; $C_{\text{св}}$ – скорость звука в воздухе, м/с; L – длина трубопровода, м; $S_{\text{тр}}$ – площадь сечения трубопровода, м².

Усреднение объема цилиндра, величина которого в период всасывания изменяется от нуля до максимальной, приводит к удовлетворительным результатам при определении резонансных длин в случае, когда объем цилиндра намного меньше объема трубопровода, настроенного на резонанс. Это имеет место для нагнетательных и всасывающих систем двигателей внутреннего сгорания, применительно к которым получены формулы (2) и (3).

Для поршневых компрессоров, как показывают вычисления, объем цилиндра соизмерим с объемом трубопровода, настроенного на резонанс по главной гармонике. Неучет этого обстоятельства является одной из основных причин значительного расхождения опытных значений резонансных длин трубопровода с теоретическими, определенными по формулам (2) и (3) [4].

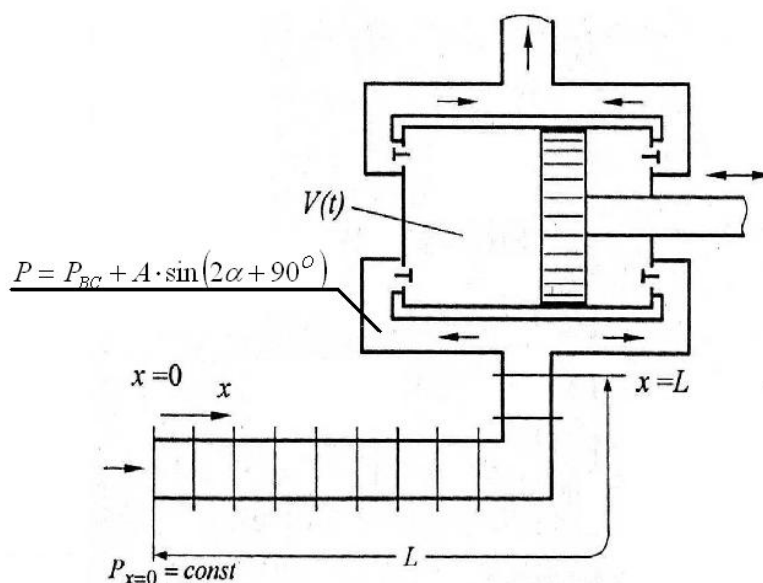


Рисунок 1 – Схема всасывающей системы поршневого компрессора с цилиндром двойного действия в первой ступени и переменной длиной всасывающего трубопровода

Для рассматриваемой математической модели сделаем некоторые допущения, которые, сохраняя правильность качественных зависимостей, упрощают аналитическое изображение процесса. В первом приближении можно считать, что всасывающие клапаны открываются и закрываются в моменты прихода поршня в мертвые точки. Пренебрегая сопротивлением клапана и учитывая, что размеры цилиндра малы по сравнению с длинами волн, которые могут влиять на производительность компрессора, допускаем, что давление в цилиндре в каждый момент времени равно давлению в конце трубопровода. Движение газа в трубе считаем одномерным.

Исходя из этих допущений, определим теоретическое значение оптимальной резонансной длины всасывающего трубопровода для поршневого компрессора с учетом изменяющегося объема цилиндра двухстороннего действия. Под оптимальной резонансной длиной всасывающего трубопровода компрессора с цилиндром двухстороннего действия будем понимать такую, при которой максимальное давление в волне колебательного процесса сов-

падает с моментом закрытия всасывающего клапана при нахождении поршня в мертвой точке. При таких условиях производительность компрессора будет иметь наибольшее значение. Используя линеаризованные дифференциальные уравнения неустановившегося движения газа в трубопроводе с учетом сил сопротивления, получаем уравнение для определения частоты собственных колебаний давления газа в трубопроводе ω_0 с учетом изменяющегося объема цилиндра.

$$\frac{d^2V}{dt^2} + 2a \frac{dV}{dt} + \frac{C_{зв} S_{мп} \omega_0}{K} \operatorname{ctg} \frac{\omega_0}{C_{зв}} L = \omega_0^2 \frac{V}{K}, \quad (4)$$

где V – переменный объем цилиндра; $2a$ – постоянный множитель, зависящий от средней скорости в трубе U , коэффициента сопротивления λ и гидравлического радиуса сечения трубы R_z ; K – показатель адиабаты.

При известном законе движения поршня, уравнение (4) переходит в трансцендентное уравнение, и его корни находятся графическим путем.

Изменяющийся объем цилиндра, как следует из формулы (4), влияя на собственную частоту колебаний газового столба, определяет зону резонансных длин всасывающего трубопровода, в которых наблюдается наиболее интенсивные колебания давления, обусловленные близостью и наступлением резонанса по второй гармонике, отличающиеся между собой фазой колебания по отношению к мертвым точкам положения поршня (рис. 2). Одна из них, как указано выше, является оптимальной, когда максимум давления в волновом процессе совпадает по фазе с моментом закрытия всасывающего клапана в конце всасывания.

Определим теоретическое значение оптимальной резонансной длины всасывающего трубопровода для поршневых компрессоров с цилиндром двухстороннего действия в первой ступени с учетом его переменного объема в период всасывания.

Для таких компрессоров главной является вторая гармоника возмущающего импульса, т.е. резонанс возможен при условии:

$$\omega_0 = 2\omega, \quad (5)$$

где $\omega = \frac{\pi n}{30}$ – угловая скорость вращения вала компрессора, рад/с.

Подставляя численные значения в уравнение (4) коэффициентов при $\alpha = 180^\circ$ (момент закрытия клапанов) с учетом равенства (5) получим выражение для определения оптимальной резонансной длины всасывающего трубопровода

$$L_{\text{рез.опт.}} = \frac{C_{36}}{2\omega} \operatorname{arctg} 2,24 \frac{\omega V_{\text{ц}}}{C_{36} S_{\text{тр}}}, \quad (6)$$

где $V_{\text{ц}}$ – полный объем цилиндра, м³.

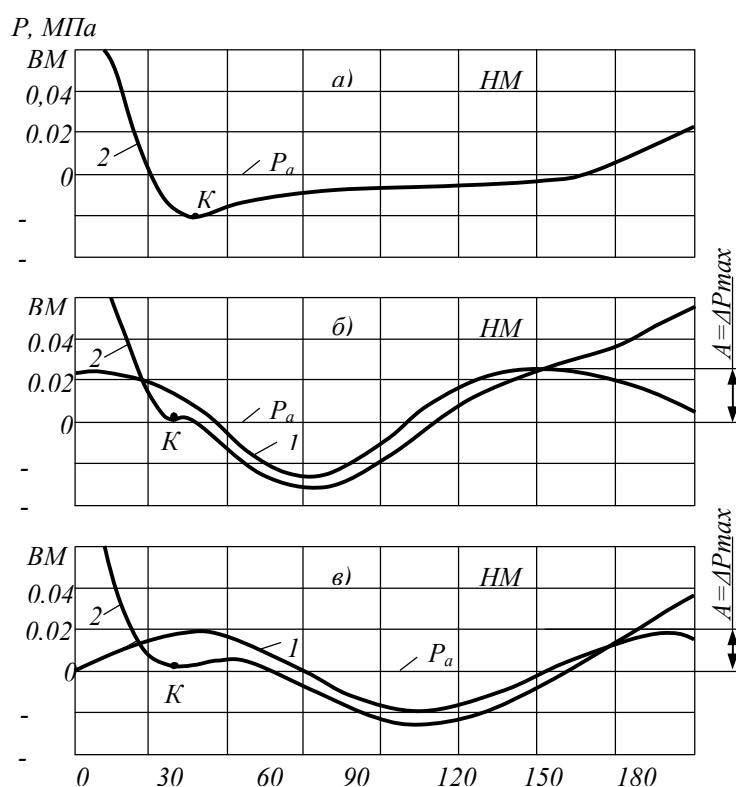


Рисунок 2 – Циклограммы резонансных колебаний давления воздуха во всасывающем патрубке и индикаторные диаграммы 1-й ступени компрессора ВП-50/8М, развернутые по углу α поворота кривошипа:

а) $\bar{L}_{\text{вс}} = 0$; б) $\bar{L}_{\text{вс}} = 1$; в) $\bar{L}_{\text{вс}} = 1,15$

Применив формулу разложения обратной тригонометрической функции в ряд, ограничившись первыми членами ряда, из формулы (6) найдем

$$L_{рез.онт.} = 7,5 \frac{C_{36}}{n} - 2,24 \left(\frac{D_1}{d_{mp}} \right) R, \quad (7)$$

где n – частота вращения вала компрессора, об/мин; D_1 – диаметр цилиндра первой ступени, м; d_{mp} – диаметр всасывающего трубопровода, м; R – радиус кривошипа, м.

В таблице 1 приведены действительные оптимальные резонансные длины всасывающих трубопроводов испытанных компрессоров и теоретические резонансные длины, определенные по формулам (1), (2) и (7).

Поскольку испытанные компрессоры оснащены нерегулируемым приводом, то фактические резонансные длины определялись экспериментально путем постепенного удлинения всасывающего трубопровода от нуля до $L_{вс} \gg L_{рез}$ отрезками труб длиной 0,25...0,5 м.

Из таблицы видно, что наименьшее расхождение дает формула (7); относительная ошибка по этой формуле в 3 – 5 раз меньше, чем по формуле (2) и в 6 – 10 раз меньше, чем по формуле (3).

Из анализа данных, приведенных в таблице, следует, что при установке трубопровода с длинами, определенными по формулам (2) и (3), всасывающая система находится далеко от резонансного режима. В этом заключается одна из причин, почему резонансные колебания давления, как основа интенсификации поршневых компрессоров, не нашли практического применения. Достоверность теоретических результатов подтверждается экспериментальными данными исследования компрессорной станции ЗИФ ШВКС-5 в лабораторных условиях, а также компрессоров ВП-50/8М и ВП-20/8М на стендах Краснодарского завода-изготовителя этих машин, компрессоров 2ВГ, 5Г-100/8, 4ВМ10-100/8 в производственных условиях Юргинского машиностроительного завода и шахт «Украина», №10 им. Артема ПО «Луганскуголь» [5].

Таблица 1 – Фактические и расчетные резонансные параметры всасывающих систем поршневых компрессоров

Тип компрессора	Частота вращения вала, об/мин	Диаметр цилиндра I-й ступени, мм	Диаметр всасывающего трубопровода, мм	Фактическая резонансная длина, м	Расчетная резонансная длина, м		
					по формуле (7)	по формуле (2)	по формуле (3)
ВП-20/8М	500	380	200	3,8	4,1	4,7	5,2
ВП-50/8М	375	660	250	4,1	4,8	6,3	6,9
5Г-100/8	187	880	350	10,7	10,2	12,0	14,0
2ВГ	167	900	400	11,7	12,2	14,0	15,4
55В	167	900	350	11,0	11,4	13,6	15,4
4ВМ10-100/8	500	620	300	2,7	2,8	4,13	5,2

Выводы и направление дальнейших исследований.

В работе получено дифференциальное уравнение для определения частоты собственных колебаний давления газа во всасы-

вающей системе поршневых компрессоров с учетом переменного объема цилиндра, позволяющее получить формулу для определения резонансных длин всасывающего трубопровода, обеспечивающего макси-

мальную производительность машины. Результаты исследования дают возможность получить в дальнейшем аналитические зависимости для определения действительной производительности поршневых ком-

прессоров, позволяющие оценить эффективность интенсификации их работы путем использования резонансных колебаний давления газа во всасывающей системе.

Библиографический список

1. Пластинин П. И. Поршневые компрессоры. Том 1 : Теория и расчет. — М. : Колос, 2000. — 456 с.
2. Видякин Ю. А. Колебания и вибрации в поршневых компрессорах / Ю. А. Видякин, Т. Ф. Кондратьева, Ф. П. Петрова, А. Г. Платонов. — Л. : Машиностроение, 1972. — 224 с.
3. Гринь Н. П. Поршневые воздушные компрессорные машины нового поколения для ВРУ, реализующие циклы среднего и высокого давления / Н. П. Гринь, Ю. Б. Наталуха, А. В. Смирнов // Технические газы. — 2009. — №6. — С. 26–30.
4. Рутковский Ю. А. Интенсификация работы оппозитных поршневых компрессоров акустическим наддувом / Ю. А. Рутковский // Сборник трудов 13-й межд. научно-практической конференции по компрессоростроению. — Сумы : Изд-во СумГУ. — 2004. — Т 2. — С. 101–106.
5. Рутковский Ю. А. Резонансные волновые процессы во всасывающих системах поршневых компрессоров / Ю. А. Рутковский // Технические газы. — 2010. — №2. — С. 23–32.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Литвинским Г.Г., гл. конструктором ЦЛАМ ПАО «АМК» Малеванным В.М.

Статья поступила в редакцию 26.06.15.

к.т.н. Рутковский Ю.О., к.е.н. Зинченко А.М., к.т.н. Рутковский О.Ю. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР), **Найчук В.В.** (НВО, м. Сумы, Україна)

РЕЗОНАНСНІ ПАРАМЕТРИ ВСМОКТУВАЛЬНИХ СИСТЕМ ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ

На основі аналізу диференціального рівняння несталоного руху газу в трубопроводі з урахуванням сил опору визначені значення оптимальних резонансних довжин всмоктувальних трубопроводів для поршневих компресорів з циліндром двосторонньої дії в першому ступені з урахуванням його змінного об'єму в період всмоктування. Встановлено, що для поршневих компресорів, що використовуються в промисловості, їх усмоктувальні системи не відповідають умовам забезпечення резонансних режимів всмоктування при роботі.

Ключові слова: поршневий компресор, всмоктуючий трубопровід, коливання тиску, резонанс.

PhD in Engineering Rutkovskiy Yu.A., PhD in Economics Zinchenko A.M., PhD in Engineering Rutkovskiy A.Yu. (DonSTU, Alchevsk, LPR), **Naychuk V.V.** (SPA, Sumy, Ukraine)

RESONANCE PARAMETERS OF INDUCTION SYSTEM OF AN AIR ENGINE

Values of optimum length of induction pipelines for air engines with double-acting cylinder on the first stage of its variable volume in intake period were determined basing the on analysis of differential equation of unstable gas flow in pipeline considering resistance forces. It is determined that induction systems of air engines used in production processes are not suitable for providing resonant induction regimes during operation.

Key words: air engines, induction pipeline, pressure fluctuations, resonance.

УДК 622.831.3+622.063

к.т.н. Пронский Д.В.,
к.т.н. Палейчук Н.Н.,
Рыжикова О.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

О ВЛИЯНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ КЛИВАЖА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИЗАБОЙНОГО МАССИВА

На основании результатов численных исследований напряженно-деформированного состояния призабойной части угольного массива доказана целесообразность привязки пространственной ориентации очистного забоя к направлению основной системы кливажных трещин. Установлена закономерность изменения максимальных значений горизонтальных перемещений и эквивалентных напряжений в зависимости от углов ориентировки основной системы кливажных трещин.

Ключевые слова: призабойный массив, кливаж, углы ориентировки трещин, напряженно-деформированное состояние, изополя, закономерность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

На напряженно-деформированное состояние призабойного углепородного массива влияет большое количество горно-гидрогеологических и инженерно-технических факторов, среди которых следует выделить следующие: физико-механические свойства пород и угля, длина лавы, ширина захвата исполнительного органа выемочной машины, вынимаемая мощность пласта, угол падения пласта, наличие и параметры дизъюнктивных и пликативных геологических нарушений, ориентация и густота кливажа и др.

На стадии проектирования горных работ большинство вышеперечисленных факторов учитывается при выборе схемы подготовки и системы разработки участка угольного месторождения. Однако, в условиях современного состояния рынка энергоносителей, необходимо таким образом учитывать геологические факторы, чтобы облегчить процесс выемки и, по возможности, минимизировать материальные затраты и расход энергоресурсов. Этого можно достичь, ориентируя направление отработки лавы и, собственно, пространственную конфигурацию выемочных полей, под определенным углом

к направлению кливажных трещин. Установлено [1], что плоскость забоя целесообразно ориентировать под некоторым углом к направлению основной системы кливажных трещин для облегчения процесса отбойки и минимизации затрат энергии и износа резцов исполнительного органа выемочной машины. Для установления фактических значений углов оптимальной ориентации плоскости очистного забоя и направления основной системы кливажа необходимо проведение соответствующих исследований. Наглядное представление о целесообразности такого решения и его эффективности может дать численное моделирование с использованием метода конечных элементов.

Постановка задачи. Задачей данной работы является исследование влияния пространственной ориентации основной системы кливажных трещин на напряженно-деформированное состояние угольного пласта в зоне работы выемочной машины.

Основной материал исследования. Проведя анализ программных продуктов для решения такого класса задач, мы пришли к выводу, что моделирование может быть осуществлено при помощи программного комплекса Лира.

Для моделирования использовался программный комплекс (далее – ПК) «Лира» версии 9.4 с 32-х разрядной архитектурой, разработанный в ООО «Лира-софт». Одним из основных преимуществ данного ПК является полная интеграция с программными продуктами AutoCAD и Excel, что существенно упрощает создание сетки КЭ и анализ результатов. К недостаткам следует отнести тот факт, что выполнения расчетов возможно только в упругой постановке.

Конечно-элементная модель является плоской, что снижает точность полученных результатов, однако позволяет определить основные тенденции изменения НДС и влияния на характер НДС ориентации системы кливажных трещин, что для нашей задачи является достаточным.

Схема объекта процесса моделирования представлена на рисунке 1.

Как следует из приведенной схемы, объектом моделирования является участок угольного массива, где непосредственно происходит процесс выемки угля при помощи выемочной машины. Для определения влияния ориентации кливажа на эффективность разрушения угля исполнительным органом выемочной машины рассмотрим плоскость его работы, сопоставив перемещения участка массива при различных углах ориентации основной системы кливажных трещин.

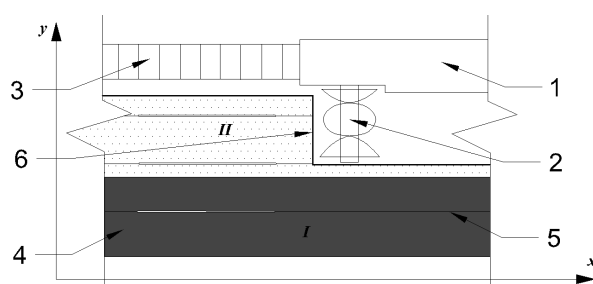


Рисунок 1 – Схематическое изображение объекта процесса моделирования: 1 – очистной комбайн, 2 – исполнительный орган (шнек) очистного комбайна, 3 – скребковый конвейер, 4 – угольный массив, 5 – кливажная трещина, 6 – плоскость работы исполнительного органа, I и II – области задания связей

Сами трещины моделировались как геометрические тела (пустоты), вокруг которых построена сетка конечных элементов. Так, как создание сетки КЭ вокруг большого количества отверстий – весьма трудоемкая задача, для определения эффективности той или иной пространственной ориентации забоя относительно основной системы трещин кливажа было принято решение ограничиться тремя моделями трещин. Поскольку процесс резания в ПК Лира смоделировать невозможно, к плоскости работы исполнительного органа была приложена статическая нагрузка, имитирующая работу струга либо тяговое усилие комбайна, численно равная 250 кН – тяговому усилию комбайна 1ГШ68.

Физико-механические свойства угля принимались следующими [2]: плотность $\rho=1,80 \text{ т/м}^3$, предел прочности на сжатие $\sigma_c=25,3 \text{ МПа}$, предел прочности на растяжение $\sigma_p=3,6 \text{ МПа}$, модуль деформации $E=5200 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\nu=0,30$.

При моделировании использовались трех- и четырехугольные универсальные конечные элементы плоской задачи с толщиной 100 см.

Граничные условия в области I – связи по всем направлениям, в области II – разрешены перемещения по осям x , y и повороты вокруг оси z . Кроме того, на всей левой, правой и нижней границах были запрещены перемещения по всем направлениям.

Варианты расчетной схемы приведены на рисунке 2.

Первый вариант расчетной схемы (рис. 2, а) предусматривает ориентацию кливажных трещин перпендикулярно плоскости работы исполнительного органа или под углом 0° к горизонтали. Во втором варианте (рис. 2, б) трещины ориентированы под углом к горизонтали 18° , что обусловлено результатами натурных исследований в части оптимизации направления очистной выемки относительно направления кливажа.

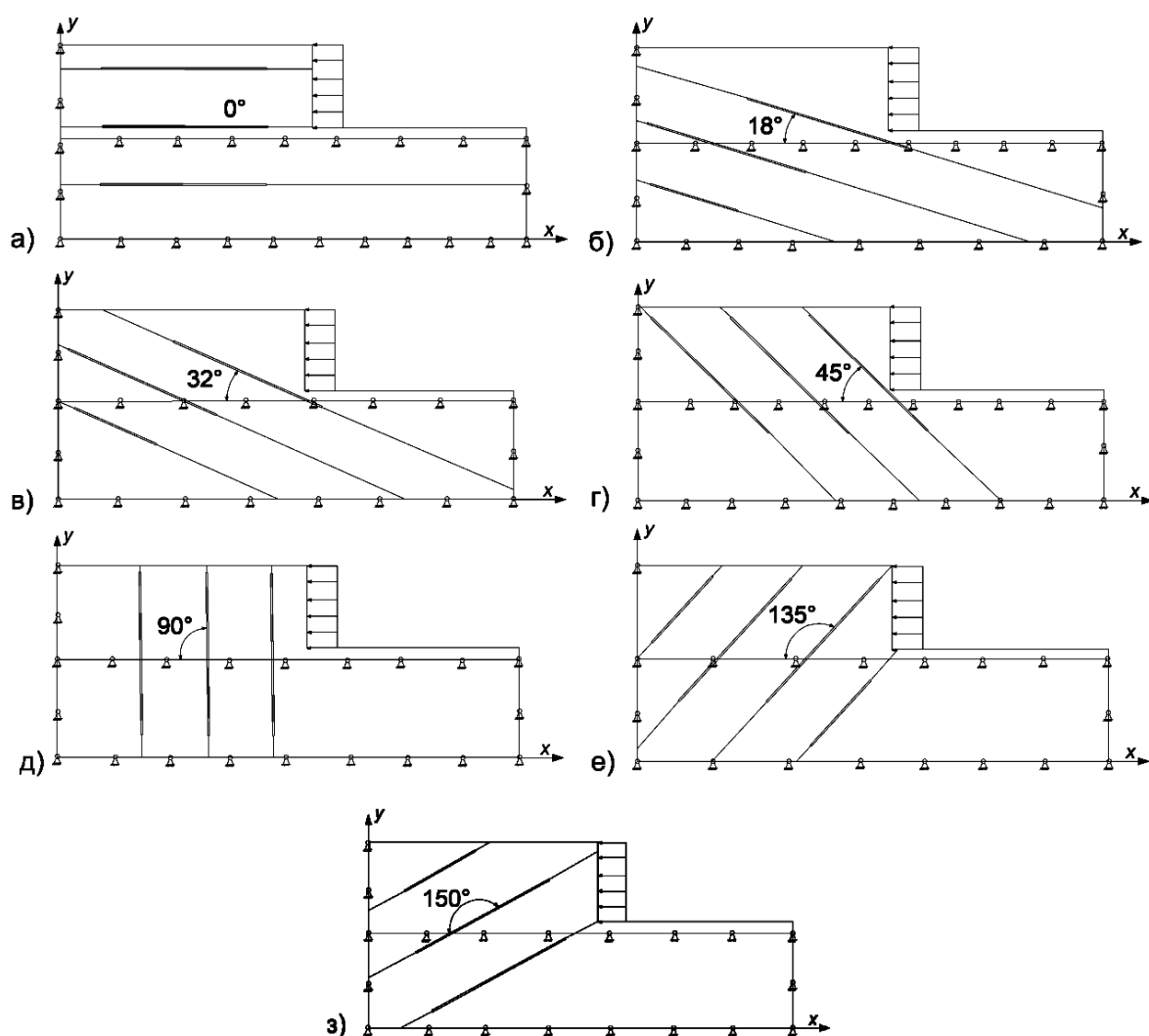


Рисунок 2 – Расчетная схема при различных вариантах ориентировки основной системы кливажных трещин относительно горизонтали:
а – 0° , б – 18° , в – 32° , г – 45° , д – 90° , е – 135° , з – 150°

Третий и четвертый варианты расчетной схемы (рис. 2, в, г) предполагают ориентацию основной системы кливажных трещин под углами 32° и 45° соответственно. В пятом, шестом и седьмом вариантах расчетной схемы (рис. 2, д, е, з) кливажные трещины направлены соответственно под углами 90° , 135° и 150° . Такое разнообразие вариантов расчетной схемы позволит объективно и в широком диапазоне изменений углов оценить возможность оптимизации ориентировки очистной выемки относительно направления кливажных трещин угольного пласта.

После выбора типа КЭ, задания физико-механических свойств материалов модели и наложения связей выполнялся расчет НДС.

Для последующего анализа, сравнения и интерпретации результатов численного моделирования были выбраны перемещения по оси x и эквивалентные напряжения σ_E , рассчитанные при помощи теории прочности наибольших главных деформаций [3].

Изополя перемещений при различной ориентации кливажных трещин приведены на рисунке 3.

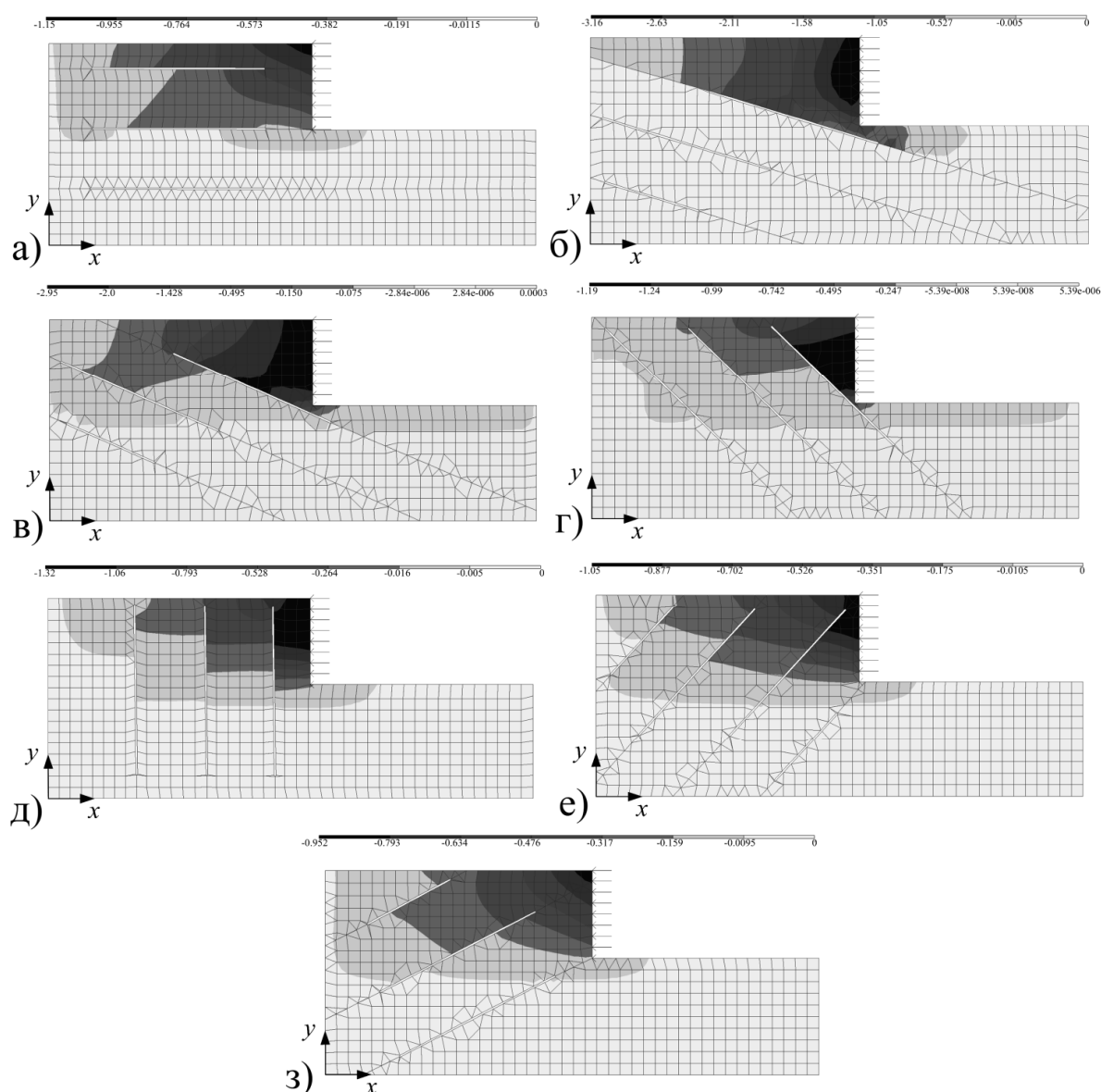


Рисунок 3 – Изополя горизонтальных перемещений призабойного массива при различных вариантах ориентировки основной системы кливажных трещин:

а – 0° , б – 18° , в – 32° , г – 45° , д – 90° , е – 135° , з – 150°

Анализируя изополя перемещений при ориентировке кливажных трещин под углом 0° к горизонтали (рис. 3, а) можно сделать следующие выводы: максимальные значения перемещений по оси x наблюдаются в краевой части массива у основания исполнительного органа, что обуславливает неравномерность реакции угольного массива на тяговое усилие и вызывает неравномерный износ резцов шнека очистного комбайна. Кроме того, при такой конфигурации практически отсутствуют условия для об-

легчения процесса резания ориентировкой кливажа. Ориентировка основной системы кливажа под углом 18° к горизонтали (рис. 3, б) способствует улучшению условий резания за счет образования плоскости скольжения по простиранию трещины. Кроме того, значения максимальных смещений для такой конфигурации практически в три раза выше, чем при схеме с углом 0° .

На схеме с углом ориентировки трещин 32° к горизонтали (рис. 3, в) максимальные перемещения наблюдаются практически по

всей плоскости непосредственной работы исполнительного органа выемочной машины с шириной захвата r на глубину, в среднем, до $0,5r$, что также способствует облегчению процесса выемки и снижению ее удельной энергоемкости. При таком варианте наблюдается формирование плоскости скольжения по кливажной трещине.

При ориентировке кливажных трещин под углом 45° к горизонтали (рис. 3, г) максимальные значения перемещений по оси x наблюдаются в центральной части плоскости непосредственной работы исполнительного органа выемочной машины с шириной захвата r на глубину, в среднем, до $0,46r$, что, в свою очередь, также способствует снижению удельной энергоемкости процесса выемки. Длина плоскости скольжения кливажной трещины при таком варианте на 25-30% меньше, чем в предыдущей схеме.

Максимум горизонтальные перемещения в схеме при ориентировке кливажных трещин под углом 90° (рис. 3, д) достигают у основания исполнительного органа выемочной машины на величину равную расстоянию до первой трещины. Т.е., при такой ориентировке плоскости очистного забоя основную роль в снижении удельной энергоемкости процесса выемки играет расстояние между трещинами. С уменьшением данного параметра уменьшается удельная энергоемкость.

Рассматривая ориентировку кливажных трещин под углом 135° к горизонтали (рис. 3, е) можно отметить следующее: максимальные значения перемещений наблюдаются у основания исполнительного органа выемочной машины и ограничиваются кливажной трещиной. В таком варианте осуществлять выемку наиболее сложно, т.к. для снятия практически половины стружки потребуется увеличение тягового усилия, в то время как условия для снятия другой половины будут более благоприятны. Кроме того образуется угольный клин, параметры которого также будут влиять на эффективность процесса выемки.

При ориентировке кливажных трещин под углом 150° к горизонтали (рис. 3, з) максимальные значения x – перемещений наблюдаются в краевой части плоскости непосредственной работы исполнительного органа выемочной машины у его основания, что не способствует повышению эффективности процесса выемки и его облегчению. Как и в предыдущем варианте, образуется угольный клин, который препятствует передаче тягового усилия вглубь массива. Из всех рассмотренных вариантов в данном случае условия выемки наименее благоприятны, т.к. значения перемещений меньше, чем в остальных расчетных схемах, а угольный клин имеет более тупой угол наклона к горизонтали по сравнению с предыдущей схемой.

На рисунке 4 представлен характер влияния угла отклонения основной системы кливажных трещин от горизонтали на максимальные значения горизонтальных перемещений и эквивалентных напряжений. Данные графики были получены в программе Excel.

Как следует из рисунка 4, максимальные значения горизонтальных перемещений и эквивалентных напряжений (842 кПа) наблюдаются в схеме с ориентировкой трещин кливажа под углом 18° к горизонтали, что обусловлено наличием плоскости скольжения, которая способствует процессу отделения угля от массива не только при помощи резцов, но и осевым усилием, создаваемым системой перемещения выемочной машины. Минимальные значения перемещений U_x соответствуют углам $\phi = 0^\circ$ и 150° . При $\phi = 0^\circ$ рабочая плоскость исполнительного органа выемочной машины находится под прямым углом к кливажным трещинам, что, исходя из производственной практики, не способствует облегчению процесса выемки, т.к. разрушение угля происходит лишь на глубину внедрения резцов исполнительного органа выемочной машины. При $\phi = 135^\circ$ и 150° в призабойной зоне формируется угольный клин, который также не способствует облегчению процесса отделения угля.

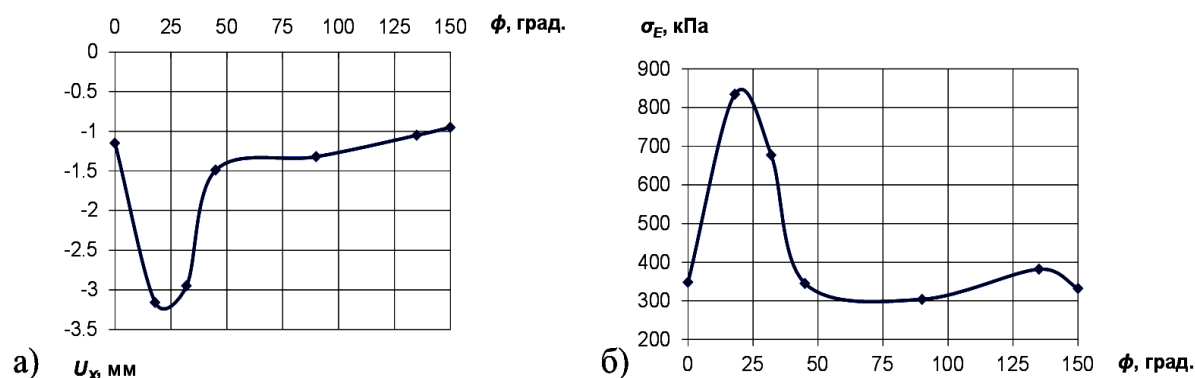


Рисунок 4 – Влияние угла ϕ отклонения основной системы кливажных трещин от горизонтали на напряженно-деформированное состояние угольного пласта:

а – горизонтальные перемещения U_x , б – эквивалентные напряжения σ_E

Как видно из представленных результатов, ориентировка основной системы кливажных трещин оказывает существенное и нелинейное влияние на НДС угольного массива, что может быть использовано при проектировании ориентировки выемочных полей антрацитовых шахт Донбасса.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Анализ результатов численных исследований показал следующее:

1. Максимальные значения горизонтальных перемещений наблюдаются в схеме с ориентировкой трещин кливажа под углом 18° к горизонтали, что обусловлено наличием плоскости скольжения, которая способствует процессу отделения угля от массива путем воспри-

ятия нагрузки от тягового усилия выемочной машины.

2. Минимальные значения горизонтальные перемещения имеют в схемах с ориентировкой трещин кливажа под углами 0° и 150° к горизонтали, что обусловлено, в первом случае – высоким сопротивлением тяговому усилию, а во втором – образованием «клина», создающего неблагоприятные условия для отделения угля от массива.

3. В результате проведения численного эксперимента с использованием МКЭ установлено, что горизонтальные перемещения и эквивалентные напряжения нелинейно зависят от угла ориентировки основной системы кливажных трещин относительно горизонтали и могут быть описаны степенной функцией.

Библиографический список

1. Факторы, влияющие на выбор системы разработки и ее параметры [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://computerchoppers.ru/tehnologiya-gornogo-proizvodstva/2120-factory-vliyayushchie-na-vybor-sistemy-razrabotki-i-ee-parametry-chast-2.html>.
2. Должиков П. Н. Устойчивость выработок в интенсивно трещиноватых породах глубоких шахт : монография / П. Н. Должиков, А. Э. Кипко, Н. Н. Палейчук. — Донецк : Світ книги, 2012. — 220 с.
3. Айзикович С. М. Контактные задачи теории упругости для неоднородных сред / С. М. Айзикович, В. М. Александров, А. В. Белокопъ и др. — М.: Физматлит, 2006. — 240 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Борzych А.Ф.,
д.т.н., проф. ЛГУ им. В. Даля Рябичевым В.Д.

Статья поступила в редакцию 17.11.15.

к.т.н. Пронський Д.В., к.т.н. Палейчук М.М., Рижикова О.О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
ПРО ВПЛИВ ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ КЛИВАЖУ НА НАПРУЖЕНО-
ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ПРИЗАБІЙНОГО МАСИВУ

На підставі результатів чисельних досліджень напружено-деформованого стану призабойної частини вугільного масиву доведена доцільність прив'язки просторової орієнтації очисного забою до напрямку основної системи кливажних тріщин. Встановлена закономірність зміни максимальних значень горизонтальних переміщень і еквівалентних напружень залежно від кутів орієнтування основної системи кливажних тріщин.

Ключові слова: призабійний масив, кливаж, кути орієнтування тріщин, напружено-деформований стан, ізополя, закономірність.

PhD in Engineering Pronskiy D.V., PhD in Engineering Paleichuk N.N., Ryzhykova O.A.
(DonSTU, Alchevsk, LPR)

INFLUENCE OF CLEAVAGE DIMENSIONAL ORIENTATION ON STRESS-STRAIN
MODE OF COAL FACE MASSIF

Efficiency connections of mining face dimensional orientation to the main cleavage system has been proved by numerous research results on deflected mode of coal face. It is determined that the changes' regularity of maximum value horizontal displacement and equivalent stresses are depending on angle orientation of the main cleavage system.

Key words: coal face, cleavage, angle of crack orientation, deflected mode, isofield, regularity.

УДК 622.83:622.023.23

к.т.н. Аверин Г.А.,
к.т.н. Ларченко В.Г.,
магистр Корецкая Е.Г.,
магистр Болотов А.П.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, balgala@ukr.net)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРВИЧНОГО И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ШАГОВ ОБРУШЕНИЙ КРОВЛИ

В статье приведены результаты моделирования, направленные на определение первичного и последующего шагов обрушений.

Ключевые слова: математическое моделирование, шаг обрушения, кровля, апробация.

Постановка проблемы. Актуальность работы.

Составление качественного прогнозного паспорта отработки выемочных участков угольных шахт позволяет обосновывать и принимать рациональные технологические решения упреждения непредвиденных обрушений и вывалов пород кровли, возникающие при выполнении очистных работ. Характер разрушения кровли зависит от литологии и физико-механических свойств вышележащих пород.

Методика определения поведения кровли в очистном забое, рекомендуемая в [1], использует две категории: устойчивость нижнего слоя кровли (B_1 - B_5) и обрушаемость массива пород кровли (A_1 - A_4 , A_4'). Эти категории грубо учитывают реальную литологию, что характеризует прогноз поведения кровли в лаве. Современные информационные технологии позволяют создавать математические модели, которые учитывают реальную литологию и физико-механические её свойства горного массива. Такие модели дают реальные предпосылки заблаговременно определять характер и основные области разрушения кровли.

Состояние вопроса.

При разработке "Паспорта выемки угля, крепления и управления кровлей в лаве" используется классификация пород ДонУГИ [1]. При этом прогноз поведения пород кровли и почвы устанавливается комиссией, утверждённой руководством

шахты, и оформляются актом. При неустановленной категории пород значение критериев определяется расчетным путем [2]. Такой подход к определению параметров проявлений горного давления неадекватен фактическим. Необходимы такие математические подходы к определению используемых критериев, которые позволят получить более надёжные результаты.

Цель работы – разработать методику прогнозирования характера разрушения и обрушения кровли, позволяющую с помощью современных информационных технологий учесть реальные горно-геологические условия и физико-механические свойства вмещающих угольный пласт пород.

Изложение материала и его результаты. В известной работе разработаны математические модели, использующие сводную стратиграфическую колонку, построенную на базе разведочных скважин, расположенных на территории шахтного поля. В схеме учитывают все породоугольные слои, их мощность, глубина разработки, модуль упругости (Юнга), коэффициент Пуассона, предел прочности пород на сжатие и растяжение, угол внутреннего трения, коэффициент сцепления.

Расчетная схема моделируемой области, представляет собой прямоугольник размерами 3500м (по простиранию) и 2000м (по глубине), аппроксимирована прямоугольными элементами. Ширина каждого элемента равна 5 м, а высота колеблется от

0,1 до 7 м. Граничные условия - узлы основания не перемещаются вдоль вертикали ниже 2000 м (не сжимаемая толща). Узлы боковых сторон по простиранию не перемещаются, т.е. за пределами 3500 м нет влияния длинных очистных забоев. Исходное напряженно-деформированное состояние (напряжения и перемещения) обусловлено силами тяжести до проведения длинного очистного забоя. Поставленная задача решается методом конечных элементов (МКЭ) с использованием вычислительного комплекса «Лира-9.4». Задача решена в физически-нелинейной постановке. Использованы в модели физически нелинейные прямоугольные конечные элементы плоской задачи, работающие на сжатие и сдвиг по схеме плоской деформации в соответствии с законом Кулона-Мора (для грунтов).

В качестве критерия определения первичного и последующих шагов обрушения кровли приняли приращение её оседания на расстоянии 1 м от линии очистного забоя. По мере подвигания очистного забоя, используемая программа определяет раз-

рушенные элементы и автоматически их не учитывает из дальнейших расчётов во время итерации. Во время появления неустойчивого равновесия вышележащих пород кровли происходит разрушение, и поднятие её концевой части. При построении графика анализируя приращения оседания кровли и её поведение (Δh) по мере подвигания очистного забоя ($L, м$), можно определить первый и последующий шаги обрушения кровли.

По мере подвигания очистного забоя приращения оседаний кровли в основном увеличивается, а в местах где они уменьшаются, происходит обрушение кровли.

Например, для расчётной схемы, учитывающей средние горно-геологические и физико-механические параметры антрацитовых шахт Луганской области, при глубине разработки 600 м и залегании нижнего слоя кровли крепкого ($\sigma_{сж} > 60$ МПа) мощностью 1 м (рис.1), по мере подвигания очистного забоя (L) до 30 м, приращение оседания кровли (Δh) составляет 1,6 мм, а затем уменьшается до 1,5 мм при ширине выработанного пространства 35 м.

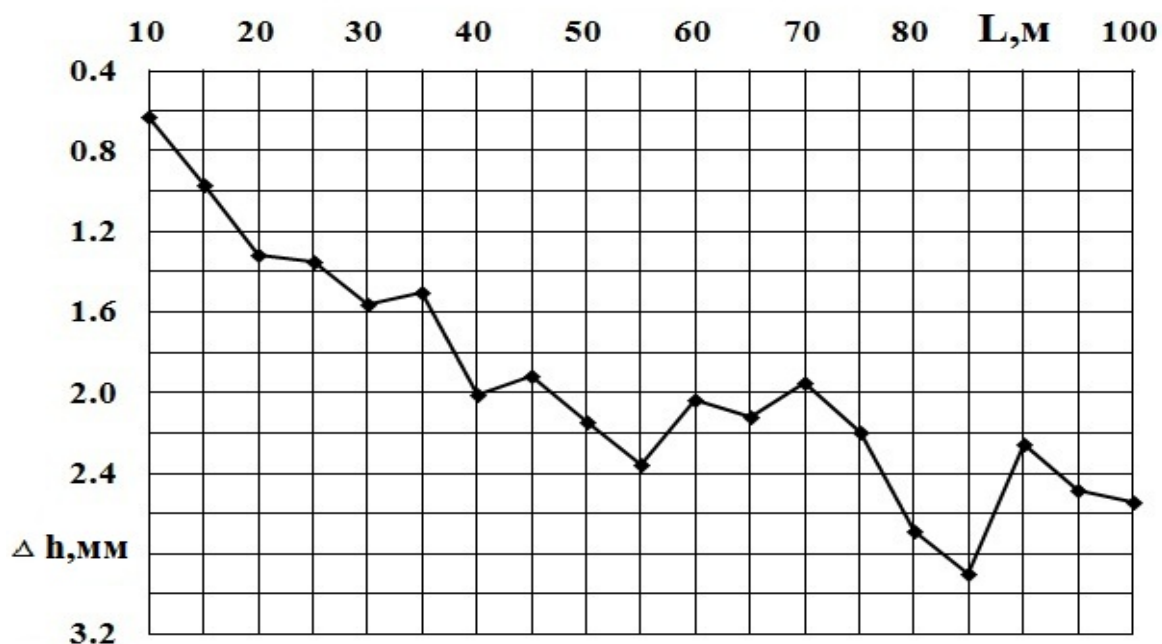


Рисунок 1 – Зависимость приращения оседаний (Δh , мм) крепкого нижнего слоя кровли мощностью 1 м от величины подвигания лавы от разрезной печи



Рисунок 2 – Зависимость приращения оседаний (Δh , мм) крепкого нижнего слоя кровли мощностью 2 м от величины подвигания лавы от разрезной печи (L , м)

Следовательно, можно предположить, что в этот момент происходит первое обрушение кровли. Аналогично прослеживаются последующие обрушения на расстоянии от разрезной камеры: 40-45 м, 55-60 м, 65-70 м и 85-90 м. Уменьшение приращения оседания, на указанный выше участках, соответственно будет 0,1 мм, 0,4 мм, 0,1 мм, 0,6 мм. Таким образом, первый шаг оседания кровли равен 30 м, второй на расстоянии 40 м, третий – 55 м, четвертый – 65 м, пятый – 85 м. Аналогичные зависимости можно проследить и при рассмотрении других расчётных схем в которых при залегании в нижнем слое кровли крепких ($\sigma_{сж} > 60$ МПа) слоёв мощностью 2 м (см. рис.2). Чётко прослеживается периодичность оседания и поднятия кровли – с различным периодом предполагаемого обрушения от 10 до 20 м. При построении модели с шагом подвигания 1 м, определение оседания пород кровли будет точнее.

Апробация методики прогнозирования обрушения осуществлена в горно-геологических условиях шахты им. В.В. Вахрушева, согласно акту о первичных обрушениях не-

посредственной и основной кровель в лаве №10_{пан.} пласта $h_{10}+h_{10}^B$, глубина разработки 1000 м первая осадка кровли составила 28 м, второе обрушение внизу лавы на 50-ом м, третье вверху лавы на 98 м от монтажной камеры. Нижний слой кровли представлен песчаным сланцем средней мощностью 5 м и $\sigma_{сж} = 90$ МПа.

На рисунке 3 представлен график изменения приращений оседаний кровли Δh для аналогичных условий, полученных с использованием МКЭ. Согласно графика, обрушение наступает при ширине выработанного пространства от 30 до 35 м Δh уменьшается на 0,1 мм, следующие обрушения происходят на расстоянии от разрезной камеры: 45-50 м, 65-70 м, 90-95 м. Уменьшение приращения оседания, на указанный выше участках, соответственно будет 0,1 мм, 0,4 мм, 0,8 мм. Сравнивая значения шагов обрушения полученных путём моделирования с натурными в горногеологических условиях шахты им. В.В. Вахрушева минимальная средняя ошибка составила 4 %, а максимальная 8 %.

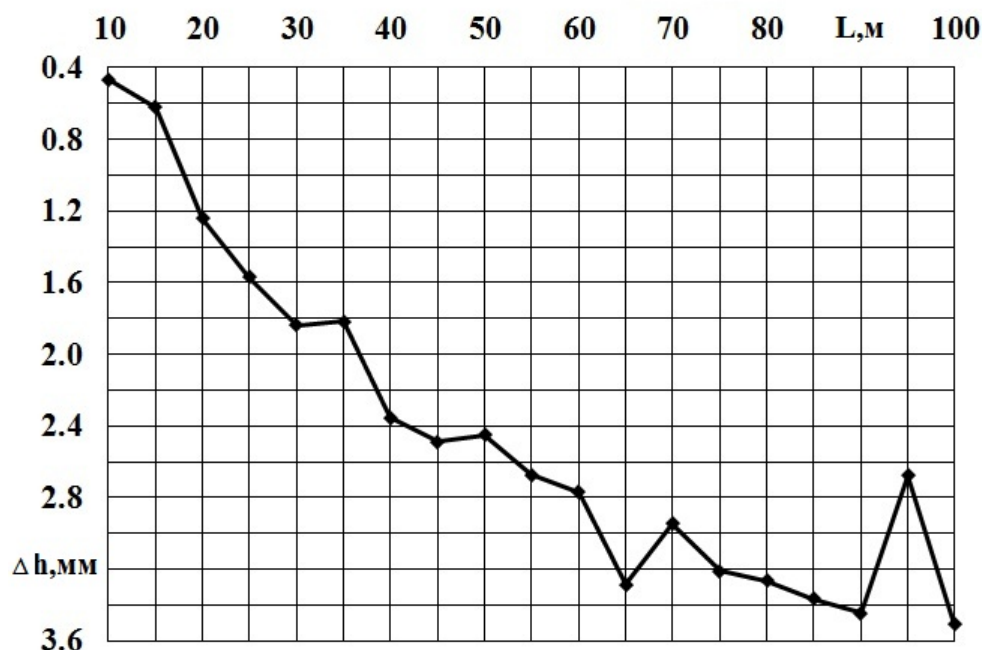


Рисунок 3 – Зависимость приращения оседаний (Δh , мм) крепкого нижнего слоя кровли мощностью 5 м от величины подвигания лавы от разрезной печи (L , м)

Выводы и направление дальнейших исследований:

Математическое моделирование методом конечных элементов позволяет разработать расчётные схемы по определению состояния пород кровли в упруго-пластичном состоянии.

Результаты моделирования позволяют установить приращения оседаний кровли, которые положены в основу методики прогнозирования первичного и последую-

щего шагов обрушения пород кровли в конкретных горно-геологических условиях, для разработки рациональных мероприятий до первичной и последующих осадок кровли.

Полученные результаты в дальнейшем можно использовать в качестве аргументированного подхода к определению нагрузки на крепь при первичной и периодических осадках кровли.

Библиографический список

1. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°: Руководство КД 12.01.01.503. – 2001. — Киев: Минтопэнерго Украины, ДонУГИ, 2002. — 141 с.
2. Борzych А. Ф. Ведение комплексно-механизированных очистных работ в сложных условиях угольных шахт Донбасса : монография / А. Ф. Борzych. — Луганск : СПД Резников В.С., 2013. — 328 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ **Борзых А.Ф.**,
к.т.н., доц. Нечепуренко М.С.

Статья поступила в редакцию 12.11.15.

к.т.н. Аверін Г.О., к.т.н. Ларченко В.Г., маг. Корецька О.Г., маг. Болотов А.П. (ДонДТУ,
м. Алчевськ, ЛНР, balgala@ukr.net)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРВИННОГО І ПОСЛІДОВНОГО КРОКІВ ОБВАЛЕННЯ ПОКРІВЛІ

Наведено результати моделювання які спрямовані на визначення первинного і послідовного
кроків обвалення.

Ключові слова: математичне моделювання; кроки обвалення, покрівля, апробація.

PhD in Engineering Averin G.A., PhD in Engineering Larchenko V.G., MSc Koretskaya E.G.,
MSs Bolotov A.P. (DonSTU, Alchevsk, LPR, balgala@ukr.net)

MATHEMATICAL MODELLING OF PRIMARY AND THE FOLLOWING STEPS OF ROOF CAVING

This article presents the results of modeling being used for definition the primary and the following
steps of roof caving.

Key words: mathematical modelling, roof caving, roof, testing.

МЕТАЛЛУРГІЯ

УДК 669. 162. 26

д.т.н. Новохатский А.М.,
к.т.н. Диментьев А.О.,
Блинов А.М.,
Михайлюк Г.Д.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВМЕСТИМОСТИ ГОРНА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ДЛЯ НАКОПЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПЛАВКИ

Определены причины образования застойных зон в центре горна доменной печи. Проведен анализ балансов количества чугуна и шлака в период их выпуска и накопления в полезном объеме горна доменной печи при образовании малоактивной зоны по центру коксовой насадки в металлоприемнике.

Ключевые слова: доменная печь, горн, полезный объем горна, коксовая насадка, малоактивная зона.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Современное развитие доменного производства идет по пути увеличения объема доменных печей [1] с целью уменьшения постоянно-условных затрат. Влияние работы горна на ход таких доменных печей проявляется особенно, из-за больших поперечных размеров металлоприемника.

Хорошая работа горна зависит от технологических решений персонала доменной печи, поскольку систематические ошибки приводят к ухудшению дренажных условий в центре горна печи, при этом уменьшается полезный объем и вместимость для накапливаемых продуктов плавки и, соответственно, снижаются технико-экономические показатели.

Выполненный ранее анализ работы доменных печей [2] показал, что из общего объема горна можно выделить фурменную зону, полезный объем, в котором происходят процессы наполнения и опорожнения горна продуктами плавки и объем так называемого мертвого слоя, характеризующийся частичным перемешиванием расплавов и служащий для защиты лещади от разрушения. На рисунке 1 представлено деление горна доменной печи на зоны.

Основополагающую роль в работе горна доменных печей объемом более 2000 м³

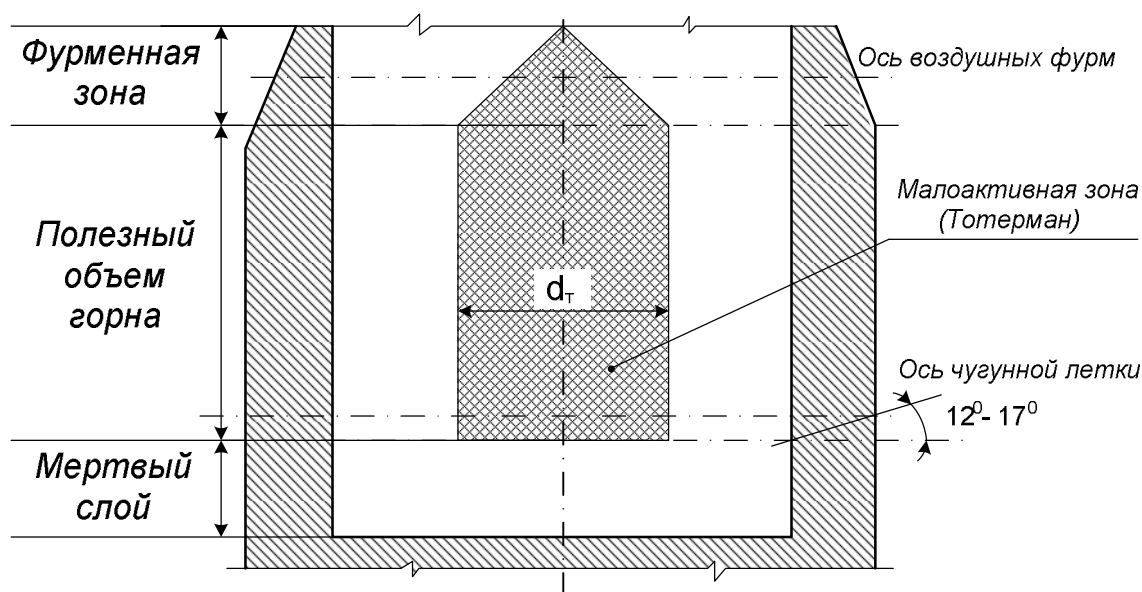
играет рациональное использование его полезного объема. Так же значительное влияние на работу горна оказывают: вязкость продуктов плавки, порозность слоя кокса в металлоприемнике, величина и форма застойных зон коксовой насадки, режим выпусков, диаметр и длина канала чугунной летки.

Вязкости чугуна и шлака отличаются, поэтому чугун практически не оказывает влияния на работу горна, а шлак, имея значительно большую вязкость, крайне медленно движется к летке в горне во время выпуска, из-за чего значительная часть его остается в горне после закрытия выпуска, образуя депрессионную воронку.

Вязкость шлака зависит от его температуры и химического состава. Их влияние параметров на нее детально изучено, что позволяет поддерживать ее на необходимом уровне в доменной плавке.

Порозность коксовой насадки в горне доменной печи значительно влияет на дренаж шлака в период выпуска. Уменьшение порозности приводит к снижению скорости движения шлака, в результате чего образуются застойные зоны. Движение продуктов плавки в этих зонах практически отсутствует, из-за чего ухудшается работа металлоприемника.

Режим выпусков оказывает основное



d_T – диаметр малоактивной зоны

Рисунок 1 – Горн доменной печи

влияние на объем остаточных продуктов плавки в горне, которые остались в нем после закрытия выпуска. Плохо организованный режим выпусков приводит к ухудшению работы горна и переполнению металлоприемника жидкими продуктами плавки.

Изложение материала и его результаты. Полезный объем металлоприемника, представленный на рисунке 1, находится между уровнем канала чугунной летки в печи и допустимым уровнем заполнения горна. Остальная часть горна не используется в процессах обновления продуктов плавки во время работы доменной печи.

Однако полезный объем горна во время работы доменной печи изменяется в результате зарастания стенок горна или противоположное этому их разгар, а так же он уменьшается при образовании в центре печи малоактивной зоны коксовой насадки, так называемого тотермана. Чтобы оценить изменение этого объема металлоприемника составлены балансы объемов продуктов плавки, в периоды их выпуска и накопления.

Баланс объемов продуктов плавки в период выпуска из горна доменной печи с уче-

том малоактивной застойной зоны коксовой насадки можно представить уравнением

$$\frac{Q_{\pm}}{\rho_{\pm}} + \frac{Q_o}{\rho_o \varepsilon} = V_{i.a} - \frac{V_i}{\varepsilon} - V_o \pm \pm V_p + \frac{q_{\pm}}{\rho_{\pm}} \tau_{\pm} + \frac{q_o}{\rho_o \varepsilon} \tau_o, \quad (1)$$

где Q_{\pm} – масса чугуна выпущенного из печи за выпуск, т; Q_o – масса шлака выпущенного из печи за выпуск, т; ρ_{\pm} , ρ_o – плотность чугуна и шлака, т/м³; ε – порозность кокса; $V_{i.a}$ – полезный объем горна, м³; V_i – объем шлака, остающийся в металлоприемнике печи по окончанию выпуска, м³; V_o – объем малоактивной зоны, которая находится в полезном объеме горна доменной печи, м³; V_p – разгар футеровки или зарастание горна в полезном объеме металлоприемника, м³; q_{\pm} – приход чугуна в горн, т/мин; q_o – приход шлака в горн, т/мин; τ_a – время выпуска продуктов плавки, мин.

Баланс объемов продуктов плавки в период их накопления между выпусками с учетом малоактивной зоны коксовой насадки

$$V_{i.\dot{a}} - V_{i\dot{m}\dot{o}} = \frac{q_{\dot{+}}}{\rho_{\dot{+}}} \tau_{\dot{\zeta}} + \frac{q_{\dot{o}}}{\rho_{\dot{o}}} \tau_{\dot{\zeta}} + \frac{V_{\dot{o}}}{\varepsilon} + V_m \pm V_p, \quad (2)$$

где $\tau_{\dot{\zeta}}$ – время заполнения горна жидкими продуктами плавки, мин; $V_{i\dot{m}\dot{o}}$ – часть полезного объема горна не заполненная продуктами плавки на момент открытия выпуска, м³.

Составленные балансы не учитывают обновление продуктов плавки ниже оси чугунной летки, так как количество чугуна, пришедшего в этот слой, ориентировочно равно выпущенному.

Анализ составленных балансов показал, что представленный на рисунке 1 полезный объем металлоприемника значительно больше, чем может поместиться в объем продуктов плавки, в период их накопления. Потеря полезного объема горна происходит за счет: остаточного шлака в печи, который образует депрессионную воронку после закрытия выпуска, размера и формы малоактивной зоны и разгара или зарастания металлоприемника в процессе его эксплуатации.

После закрытия выпуска в горне доменной печи находится 50-80 % остаточного шлака по отношению к объему на момент открытия. Увеличение количества остаточного шлака приводит к возрастанию потери полезного объема горна [3].

На потери полезного объема горна значительное влияние оказывают размер и форма малоактивной зоны коксовой насадки, так называемого тотермана. В этой зоне горна движение продуктов плавки практически отсутствует, поэтому с увеличением ее размеров растут потери полезного объема горна для заполнения шлаком после закрытия чугунной летки.

После окончания выпуска в полезном объеме горна остается свободный объем, который предназначен для прихода чугуна

и шлака в период накопления. Рассчитать его можно по формуле

$$V_c = \frac{V_{n.z} - V_o - V_m \pm V_p}{\varepsilon}, \quad (3)$$

где V_n – свободный объем горна, м³.

Следует отметить, что с увеличением поперечных размеров горна доменной печи, растет количество остаточного шлака по окончании выпуска и объем тотермана, следовательно свободный объем металлоприемника уменьшается, что влечет за собой изменение режима выпуска в сторону увеличения количества выпусков продуктов плавки через канал чугунной летки, либо уменьшение производительности печи и соответственно ухудшение технико-экономических показателей.

Путем анализа формы слоя шлака в металлоприемнике доменной печи можно разработать методы расчета размеров тотермана, определения его формы и влияния параметров малоактивной зоны на работу горна.

Разгар горна или обратное ему зарастание металлоприемника печи можно рассчитать по разработанной методике [4] на основе теплосъема с доменной печи.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. Определено понятие свободного объема горна, который соответствует вместимости горна для накопления продуктов плавки и зависит от порозности коксовой насадки, количества остаточного шлака, размера тотермана и разгара футеровки металлоприемника.

2. Основное влияние на изменение свободного объема горна оказывает количество остаточного шлака после закрытия выпуска, а так же размера тотермана при отклонениях от нормальной работы металлоприемника.

3. Для определения размера малоактивной зоны коксовой насадки необходимо провести анализ движения шлака в металлоприемнике во время выпуска продуктов плавки, при наличии тотермана в печи опираясь на законы гидравлики.

Бібліографічний список

1. Плискановский С. Т. Достижения и перспективы развития доменного производства / С. Т. Плискановский, В. И. Большаков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. — 2011. — №4. — С. 4–8.
2. Новохатский А. М. Аналитический метод определения количества выпусков жидких продуктов плавки из горна доменной печи / А. М. Новохатский, Г. Д. Михайлюк, В. П. Манаков // *Сборник научных трудов ДонГТУ*. — Алчевск, 2004. — Вып. 18. — С. 270–279.
3. Новохатский А. М. Совершенствование режима выпуска продуктов плавки из горна доменной печи / А. М. Новохатский // *Вісник Приазовського державного технічного університету*. — Маріуполь, 2008. — Вып. 18. — С. 19–22.
4. Овчаренко Н. Л. Неполноценность хода доменных печей / Н. Л. Овчаренко. — М. : *Металлургия*, 1972. — 192 с.
5. Суберляк О. В. *Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів : підручник [для студ. вищ. навч. закл.]* / О. В. Суберляк, П. І. Баштанник. — Львів : *Растр-7*, 2007. — 375 с.

**Рекомендована к печати к.т.н., проф. ДонГТУ Ульяницким В.Н.,
нач. доменного цеха ПАО «АМК» Диментевым В.И.**

Статья поступила в редакцию 29.10.15.

д.т.н. Новохатський О.М., к.т.н. Діментьєв О.О., Блінов О.М., Михайлюк Г.Д. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ВИЗНАЧЕННЯ МІСТЬКОСТІ ГОРНА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ ДЛЯ НАКОПИЧЕННЯ ПРОДУКТІВ ПЛАВКИ

Визначені причини утворення застійних зон у центрі горна доменної печі. Проведено аналіз балансів кількості чавуну і шлаку в період їх випуску та накопичення в корисному об'ємі горна доменної печі при утворенні малоактивної зони по центру коксової насадки в металоприймачі.

Ключові слова: доменна піч, горн, корисний об'єм горна, коксова насадка, малоактивна зона.

Dr.Sci.Tech. Novohatskiy A.M., PhD in Engineering Dimentiev A.O., Blinov A.M., Mikhailiuk G.D. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

DETERMINATION OF BLAST-FURNACE HEARTH CAPACITY FOR ACCUMULATION MELTING BY-PRODUCTS

The causes of dead zone in the center of blast-furnace hearth were found out. Balance analysis of iron and sinter volume in output and accumulation phase in useful volume of blast-furnace hearth at low-active zone formation in the center of coke packing in metal reservoir was conducted.

Key words: blast furnace, hearth, useful volume of hearth, coke packing, low-activity zone.

UDC 621.77.014

*PhD Korobko T.B,
Senior lecturer Tokarev A.V.
(DonSTU, Alchevsk, LPR)*

DETERMINING SHIFT RESISTANCE OF METAL CONSIDERING TEMPERATURE-AND-RATE CONDITIONS OF COLD ROLLING

In the paper it has been analyzed the mathematical models of double shear resistance of metal at cold thin sheet rolling. On the basis of the analysis there has been shown that it is reasonable to account the impact of temperature-rate conditions of strain in the presented models. The improved by the authors a numeric mathematical model allows specifying the calculation of doubled shear resistance of metal considering temperature and rate of cold thin sheet rolling as well as real character of distributions along the deformation zone of its dimensional parameters and indicators of external contact friction.

Key words: cold rolling, elasticity stress, double shear resistance, temperature-rate conditions, deformation zone, mathematic simulation.

The problem and its connection with scientific and practical tasks.

New techniques for cold rolled bars production supplying the operation of automated control systems in technological process prove the need of increasing the accuracy of applied mathematical models.

In particular, the accurate determination of the calculated values of double shear resistance of deformable metal significantly affects the prediction accuracy of power parameters of rolling [1].

Author [2] believes that the definition of computed values of yield stress σ_T and hence double shear resistance $2K$ of the metal should be implemented only as a function of compression exponent of rolled strips. In [3, 4] it is shown that neglecting the influence of temperature-rate deformation conditions leads to substantial errors in the calculation of quantities and values σ_T and $2K$. To determine the yield stress and double shear resistance for bars depending on the rate of cold rolling B. Roberts [5] developed a mathematical model that does not consider the effect of the strain temperature. More capable method of computation is proposed by A.P. Grudev and Y.B. Sigalov and is described in [6]. However, this method does not take into account the effect of the preliminary

deformation of the rolled metal. Mathematical model the authors [4] does not have these shortcomings. Herewith, applied numerical approach to the computation of normal contact stresses defining the strip temperature, has a number of assumptions, the most important of which are the constancy of the friction coefficient along the length of the strained zone, the application of the friction law of Coulomb-Amonton and idealization of the actual shape of the contact surface of the work rolls. Mathematical model [7] excludes the adoption of these assumptions, and so it is interesting to update on its basis the method [4] of quantify assessment of local and integral quantities and values σ_T and $2K$.

Setting the problem.

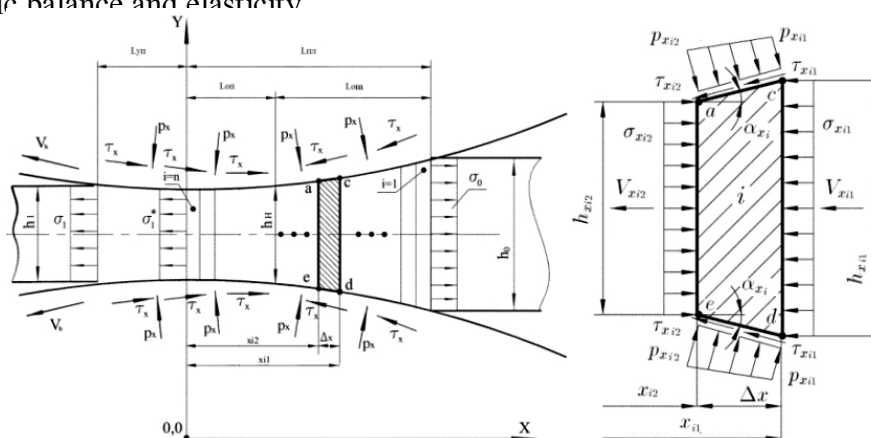
Refinement of mathematical model for calculation of doubled shift resistance of metal considering temperature-and-rate conditions of cold rolling is an aim of the paper.

Presentation of the material and its results.

To determine the contact stresses they used mathematical model [7]. Deformation zone (fig. 1, a), consisting of zones of plastic forming length L_{pl} and elastic recovery length L_{el} broke into augment Δx to form a finite set of n -number i -th elementary volumes (fig. 1,b), which position of the boundary sections (sec-

For calculation of contact stress a mathematical model has been used [7]. Deformation zone (fig. 1, a), which consists of plastic forming areas L_{pl} and elastic recovery L_{el} , was broken with Δx augment into a finite set of n i -th elementary volumes (fig. 1, б), which location of boundary sections (sections ae and cd at fig. 1, б) has been determined by x_{i1} and x_{i2} coordinates. Heights h_{xi1} and h_{xi2} of these sections were calculated basing the approach of I.Ya.Shtaerman [8], and rates V_{xi1} and V_{xi2} (fig. 1, б) of metal particles motion were on the basis of sliding hypothesis [1]. Herewith a plastic forming area (fig. 1, a) has been divided into delay zone L_{bac} and out-running zone, which length L_{adv} and depth h_n of a bar in neutral section they determine considering stress of back σ_o and frontal σ_1 tension, radial rate of rolls V_r , as well as rolling depth before h_o and after h_1 passing. To calculate contact shear stress τ_{xi1} and τ_{xi2} (fig. 1, б) one have used A.N. Levanov's principle, and to calculate normal contact (p_{xi1} and p_{xi2}) and normal axial (σ_{xi1} and σ_{xi2}) stress they used principles of static-dynamic balance and elasticity

$\varepsilon_{xi2} = (H_0 - h_{xi2}) / H_0$ – current values of total extent of metal compression (H_0 – depth of hot-rolled billet; h_{xi2} – current value of bar depth in deformation zone);



48

a_1^*, a_2^*, a_3^* – indexes, which depend on chemical content of metal [8].

Values k_{txi2} , k_{uxi2} were calculated by parity of reasoning with authors [3, 4]:

$$k_{txi2} = a_0 + a_1 \left(\frac{t_{xi2} - t_{cm}}{t_{nl}} \right) + a_2 \left(\frac{t_{xi2} - t_{cm}}{t_{nl}} \right)^2 + a_3 \left(\frac{t_{xi2} - t_{cm}}{t_{nl}} \right)^3, \quad (3)$$

$$k_{uxi2} = 1 + \frac{7682,4}{2K_{\varepsilon xi2} \cdot k_{txi2}} \times \left(\frac{u_{xi2}}{5 \cdot 10^{11} \cdot 60,842^{\ln(h_0/h_{xi2})}} \right)^{\frac{\chi(t_{xi2}+273)}{0,14}}, \quad (4)$$

where a_0, a_1, a_2, a_3 – indexes, which depend on chemical content of metal [3];

t_{xi2} – current temperature values of a bar in deformation zone;

$t_{cT} = 20^0 C$ – metal temperature at static tests;

t_{pl} – melting temperature of metal;

$u_{xi2} = 2\Delta h V_1 h_1 (x_{i2} / L_{nn}) / h_{xi2}^2 L_{nl}$ – current value of strain rate (V_1 – rolling rate; $\Delta h = h_0 - h_1$ – absolute compression after skip);

χ – Boltzmann constant ($0,862 \cdot 10^{-4}$, eV/K).

Considering author's recommendations [3] to determine value t_{xi2} algorithm consequence has been used of a such type:

$$\Delta x_{xi2} = \frac{\eta_{6yx} p_{nl} \lambda_{xi2}}{\gamma_M c_M}; \quad (5)$$

$$t_{xi2}^* = \frac{2\lambda h_{xi2} L_{nl} [1 - (x_{i2} / L_{nl})]}{V_1 (h_0 + h_{xi2})}, \quad (6)$$

$$t_{xi2} = (t_0 + \Delta t_{xi2} - t_{\varepsilon}) \times \exp \left(- \frac{4}{\gamma_M c_M (h_0 + h_{xi2})} \sqrt{\frac{\gamma_{\varepsilon} c_{\varepsilon} \lambda_{\varepsilon} t_{xi2}^*}{\pi}} \right) + t_{\varepsilon}, \quad (7)$$

where t_{xi2} – current value along length L_{pl} (fig. 1, a) of temperature increment of a bar due to heat, which is released at plastic deformation;

p_{pl} – average pressure of metal onto rolls in the zone of plastic forming, determined considering the results of calculations of normal contact stresses p_{xi1} и p_{xi2} ;

η_{vyh} – index of heat release at plastic deformation equal to 0,84 – 0,94 [3];

$\lambda_{xi2} = h_0 / h_{xi2}$ – current values of compression index;

γ_M, c_M – accordingly specific gravity and heat capacity of metal;

t_{xi2}^* – current value of contact period of particles with a roll along the area of plastic forming;

$\lambda = h_0 / h_1$ – index of bar compression during a skip;

t_0 – bar's temperature at entering into strain area;

t_v – average temperature of operating rolls;

$\gamma_{\varepsilon}, c_{\varepsilon}, \lambda_{\varepsilon}$ – accordingly specific gravity, heat capacity and index of heat conductivity of operating rolls material.

As a result of numeric implementation of mathematical model (formulas (1)-(7)) have received calculated distributions along L_{pl} the values of compression level ε_{xi2} , temperature t_{xi2} and rate u_{xi2} of deformation (fig. 2), as well as values of double shear resistance of metal $2K_{\varepsilon xi2}$ and $2K_{luxi2}$ (fig. 3). Mathematical modeling has been made for the first cage of cold thin sheet rolling of PC MISW of Ilyich.

Herewith, for initial data it was used: rolled bar grade – steel 08кп; bar depth before skip $h_0 = 2$ mm; bar width $B = 1260$ mm; compression level value during a skip $\varepsilon = 0,3$; rare tension stress $\sigma_0 = 0$ MPa; front tension stress $\sigma_1 = 100$ MPa; bar's output rate from the deformation zone $V_1 = 5$ м/с; friction index $f = 0,12$.

Analysis of the results obtained during mathematical simulation has shown that temperature and strain rate variation along the deformation forming zone has got a complex character (fig. 2).

Wherein, accounting the impact of temperature-rate conditions of cold thin sheet

rolling lead to redistribution of values of double shear resistance of metal (fig. 3).

In separate cases difference in values $2K_{\varepsilon_{xi2}}$ and $2K_{t_{xi2}}$ can be 20% and more that has been valuable and should be considered at predicting of metal pressure onto rolls as well as power and capacity of cold rolling of thin bars.

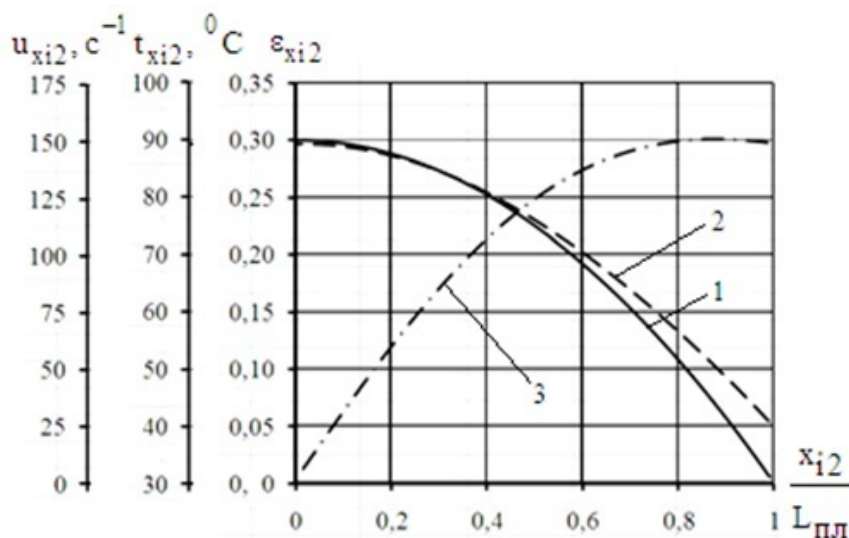


Figure 2 – Calculated distributions of values for compression level ε_{xi2} (1), strain temperature t_{xi2} (2) and rate u_{xi2} (3) along the length of plastic forming zone of deformation zone

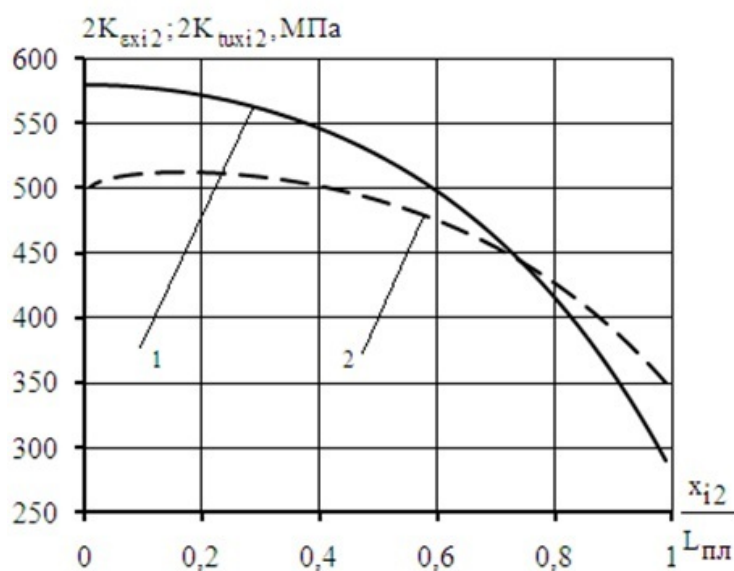


Figure 3 – Calculated distributions of values of double shear resistance of metal at cold thin sheet rolling along the length of plastic forming zone determined when considering the influence of only strengthening $2K_{\varepsilon_{xi2}}$ (1) and temperature-rate conditions of strain $2K_{t_{xi2}}$ (2)

Conclusions and directions for further research.

As a result of the fulfilled researches there was refined a mathematical model for calculation of doubled shift resistance of metal considering temperature-and-rate conditions of deformation mainly meeting the real production conditions of cold rolled bars at industrial roll mills.

On the results of numeric implementation of developed model it has been found out that if impact of temperature and rate of cold thin sheet rolling onto the values σ_T and $2K$ is excluded, the assumed mistake is about 20% and more, that approves the reasonability of the problem being solved in the paper.

Bibliographic list

1. Grudev A. P. *Teorija prokatki. Uchebnik dlja vuzov*. — M. : Metallurgija, 1988. — 240 s.
2. Garber Je. A. *Stany holodnoj prokatki. (Teorija, oborudovanie, tehnologija)* / Je. A. Garber. — M. : OAO «Chermetinformacija»; Cherepovec : GOU VPO ChGU, 2004. — 416 s.
3. Vasilev Ja. D. *Inzhenernye modeli i algoritmy rascheta parametrov holodnoj prokatki* / Ja. D. Vasilev. — M. : Metallurgija, 1995. — 368 s.
4. Mazur V. L. *Teorija i tehnologija tonkolistovoj prokatki (chislennyj analiz i tehicheskie prilozhenija)* / V. L. Mazur, A. V. Nogovicyn. — Dnepropetrovsk : RVA «Dnipro-VAL», 2010. — 500 s.
5. Roberts V. *Holodnaja prokatka stali* / V. Roberts; pod. red. P. I. Poluhina, V. P. Poluhina // *Cold rolling of steel; per. s angl.* — M. : Metallurgija, 1982. — 544 s.
6. Kaplanov V.I. *Dinamika i tribonika vysokoskorostnoj tonkolistovoj prokatki. Mirovaja tendencija i perspektiva : monografija* / V.I. Kaplanov. — Mariupol' : Renata, 2008. — 456 s.
7. Satonin A. V. *Razvitie chislennyh odnomernyh matematicheskikh modelej naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija metalla pri holodnoj prokatke otnositel'no tonkih polos* / A. V. Satonin, A. G. Prisjazhnyj, A. M. Spaskaja, A. S. Churunakov // *Obrabotka metallov davleniem : sb. nauch. tr.* — Kramatorsk : DGMA, 2012. — № 2(31). — S. 62–68.
8. Fedorinov V. A. *Matematicheskoe modelirovanie naprjazhenij, deformacij i osnovnyh pokazatelej kachestva pri prokatke otnositel'no shirokih listov i polos : monografija* / V. A. Fedorinov, A. V. Satonin, Je. P. Gribkov // *Donbas. gos. mashinostroit. akad.* — Kramatorsk, 2010. — 243 s.

Recommended to printing by Doctor of Engineering Science, Prof. DonSTU Novokhatskiy A.M., Head of section rolling mill PJSC «AISW» Klepach E.N.

The date of submission 23.11.15.

к.т.н. Коробко Т.Б., Токарев А.В. (ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДВОЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МЕТАЛЛА СДВИГУ С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНО-СКОРОСТНЫХ УСЛОВИЙ ХОЛОДНОЙ ТОНКОЛИСТОВОЙ ПРОКАТКИ

В статье проанализированы математические модели удвоенного сопротивления металла сдвигу при холодной тонколистовой прокатке. На основе выполненного анализа показана целесообразность учета в указанных моделях влияния температурно-скоростных условий процесса деформации. Усовершенствованная авторами статьи численная математическая модель позволила уточнить расчет удвоенного сопротивления металла сдвигу с учетом температуры и скорости холодной тонколистовой прокатки, а также реального характера распределений по длине очага деформации его геометрических параметров и показателей внешнего контактного трения.

Ключевые слова: холодная прокатка, напряжение текучести, удвоенное сопротивление сдвигу, температурно-скоростные условия, очаг деформации, математическое моделирование.

к.т.н. Коробко Т.Б., Токарев О.В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОДВОЄНОГО ОПОРУ ЗРУШЕННЮ ДЕФОРМОВАНОГО МЕТАЛУ
З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНО-ШВИДКІСНИХ УМОВ ХОЛОДНОЇ
ТОНКОЛИСТОВОЇ ПРОКАТКИ**

У статті проаналізовані математичні моделі напруги текучості і подвоєного опору металу зрушенню при холодній тонколистовій прокатці. На основі виконаного аналізу показана доцільність обліку у вказаних моделях впливу температурно-швидкісних умов процесу деформації. Вдосконалена авторами статті чисельна математична модель дозволила уточнити розрахунок подвоєного опору металу зрушенню з врахуванням температури і швидкості холодної тонколистової прокатки, а також реального характеру розподілу по довжині осередку деформації геометричних параметрів і показників зовнішнього контактного тертя.

Ключові слова: холодна прокатка, напруга плинності, подвоєний опір зрушенню, температурно-швидкісні умови, осередок деформації, математичне моделювання.

УДК 621.314+621.313.323

к.т.н. Калюжный С.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ТОКОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ВЕНТИЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Описывается оригинальная силовая схема вентильного электропривода с параметрическим источником тока и гибридным коммутатором, включающим в себя элементы автономных инверторов тока и напряжения.

Ключевые слова: электропривод, синхронный двигатель, вентильный коммутатор, автономный инвертор тока, автономный инвертор напряжения.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Современные жесткие требования автоматизированного электропривода (ЭП) и электроэнергетики в большинстве случаев не могут быть реализованы при использовании электрических машин с традиционным механическим коллектором. Большая окружная скорость коллектора и, как следствие, высокие значения реактивной ЭДС, ограничения перегрузочной способности по току якоря и по скорости его изменения, сильная вибрация и быстрый износ щеток не позволяют значительно поднять предельную мощность машин постоянного тока, особенно при частотах вращения более 3600 об/мин [1].

Достижения современной преобразовательной техники делают актуальным вопрос замены механического коммутатора (коллектора) статическим вентильным, что позволяет, как известно, получить качественный регулируемый ЭП, подобный широко известному приводу постоянного тока, но с применением не электрической машины постоянного тока, а высоконадежной машины переменного тока – синхронной. Такой ЭП называется *вентильным*.

Все известные вентильные коммутаторы строят по разнообразным схемам *инверторов ведомых машин* с применением электронных ключей с управлением только на включение – обычных (одноперационных) тириستоров, либо с применением ключей полностью управляемых – тиристоров запираемых или разных типов транзисторов (в том числе IGBT).

Инверторная часть схемы может выполняться, как правило, в базисе автономного

инвертора тока (АИТ) или напряжения (АИН). Может применяться также для тихоходного вентильного привода непосредственный преобразователь частоты (НПЧ) с трехфазным выходом (в каждую фазу статора синхронного двигателя включают два тиристорных моста, соединенных встречно-параллельно и работающих в выпрямительно-инверторном ведомых сетью режимах).

Одним из обязательных блоков любого известного вентильного электропривода (ВЭП) является позиционный датчик положения ротора (ДПР), принцип действия которого может быть механическим, электромагнитным, емкостным или с использованием эффекта Холла. Датчик даёт информацию для системы управления ключами инвертора (коммутатора) о моментах времени и последовательности их включения/отключения. Благодаря этому обеспечивается ориентирование результирующего вектора тока якоря и, как следствие, вектора магнитного потока относительно полюсов индуктора в соответствии с требованиями по управлению двигателем.

Основываясь на теории работы вентильного двигателя следует отметить, что система управления ключами формирует коммутацию последних таким образом, чтобы вектор магнитного поля якорных обмоток всегда был сдвинут в пространстве относительно вектора потока ротора на угол, близкий до 90°. Регулируя величину тока в якорных обмотках за счет изменения напряжения источника питания амплитудным методом или с помощью ШИМ-модуляции, можно изменять величину вектора якорного потока, а следовательно, и момент ВЭП [1]

$$M = C \cdot \Phi_{\text{я}} \cdot \Phi_{\text{о}} \cdot \sin \Psi, \quad (1)$$

где C – конструктивная постоянная дв-ля;

$\Phi_{\text{я}}$ – магнитный поток якоря (статора);

$\Phi_{\text{о}}$ – магнитный поток ротора;

Ψ – угол между векторами потоков.

Углом Ψ определяется знак момента, который действует на ротор синхронной машины, чем определяется направление её вращения.

Для случая стандартных синхронных машин с трехфазной обмоткой статора, тактов коммутации силовых ключей будет всего 6, поэтому вектор потока якоря (статора) будет перемещаться в пространстве «рывками» по 60 эл. град. Это значит, что реальный угол между векторами потоков будет составлять не 90 эл. град., а будет изменяться в диапазоне 60–120 эл. град. при вращении ротора, на который действует переменная нагрузка.

Электромагнитный момент стремится развернуть ротор так, чтобы магнитные потоки статора и ротора совпали, однако как только последний повернется, под действием ДПР происходит новое переключение обмоток статора, и его поток «рывком» перемещается на последующий шаг, «увлекая» за собой поток ротора. При этом в двигательном режиме магнитный поток статора пространственно опережает поток ротора, а в тормозном – наоборот.

Описанная выше теория работы ВЭП касается его работы с инверторным коммутатором напряжения. В случае применения коммутатора тока, для стабилизации последнего в фазах статора, нет необходимости изменять по сигналу от ДПР с помощью ШИМ-модуляции напряжение на входе коммутатора. С этой задачей источник тока может справляться самостоятельно, что является аксиомой его работы. Однако, в действительности, реальных источников тока нет, а при построении источников «токового» питания, практически всегда используют какую-либо схему преобразователя напряжения с достаточно мощной индуктивностью фильтра и глубокой обратной связью по выходному постоянному току. Такая конструкция источника питания является

очень далёкой до «токового» режима, а поэтому все равно требует при построении системы управления ключами коммутатора ВЭП наличия обратной связи по углу поворота ротора.

Постановка задачи. Целью настоящей статьи является показать возможность построения ВЭП с коммутатором, работающим в режиме инвертора тока, но с упрощенной системой управления – без обратных связей по току и положению ротора.

Изложение материала и его результаты. Решение указанной задачи возможно при использовании в качестве источника питания привода простого по конструкции и обладающего высокой эксплуатационной надежностью параметрического источника тока (ПИТ) с диодным выпрямителем на выходе. В связи с этим, предлагается называть указанную новую схемотехническую разработку привода на базе стандартного синхронного двигателя, как *токопараметрический вентильный ЭП (ТПВЭП)*.

На рисунке 1 приведена схема модели в среде *Matlab/Simulink* одного из вариантов силовой схемы тиристорного ТПВЭП, в основе работы которой лежит схема АИТ со 120-градусным углом проводимости тириستоров. Схема является гибридной, так как имеет некоторые особенности, присущие как схеме АИТ, так и схеме АИН. Коммутирующие конденсаторы $C1 \div C6$ и отсекающие диоды $VD1 \div VD6$ являются элементами схемы АИТ, а конденсатор C_0 совместно с мостовым обратным выпрямителем *6-pulse diode bridge 1*, предназначенные для свободного обмена реактивной энергии накапливаемой в фазах нагрузки (двигателя), относятся к схеме АИН. Небольшая индуктивность L_d ограничивает проникновение коммутационных процессов, протекающих в схеме тиристорного коммутатора, непосредственно в схему ПИТ. Для включения тиристоров $VS1 \div VS6$ используется следящий за анодным напряжением того или иного тиристора принцип формирования сигнала управления [3]. На схеме модели для этого используются модули *Subsystem 1* \div *Subsystem 6*, включенные параллельно каждому тиристорному.

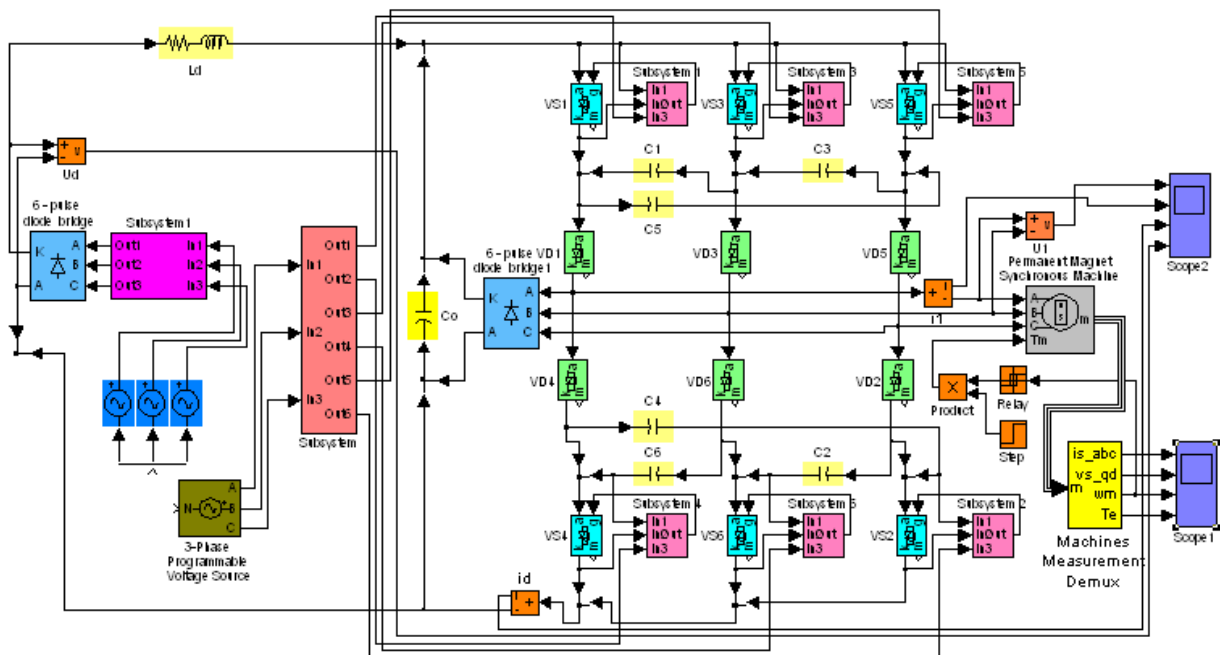


Рисунок 1 – Схема модели ТПВЭП с тиристорным коммутатором

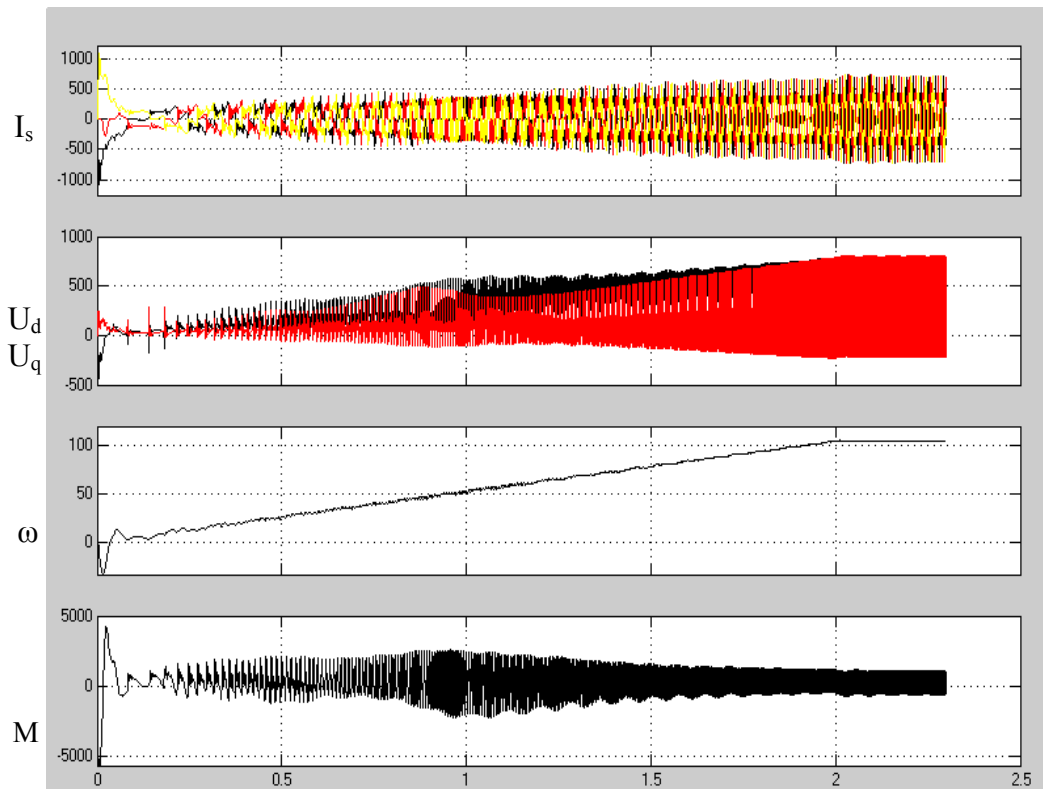


Рисунок 2 – Электромеханические процессы при пуске ТПВЭП с тиристорным коммутатором и обратным выпрямителем при равноускоренном частотно-токовом управлении

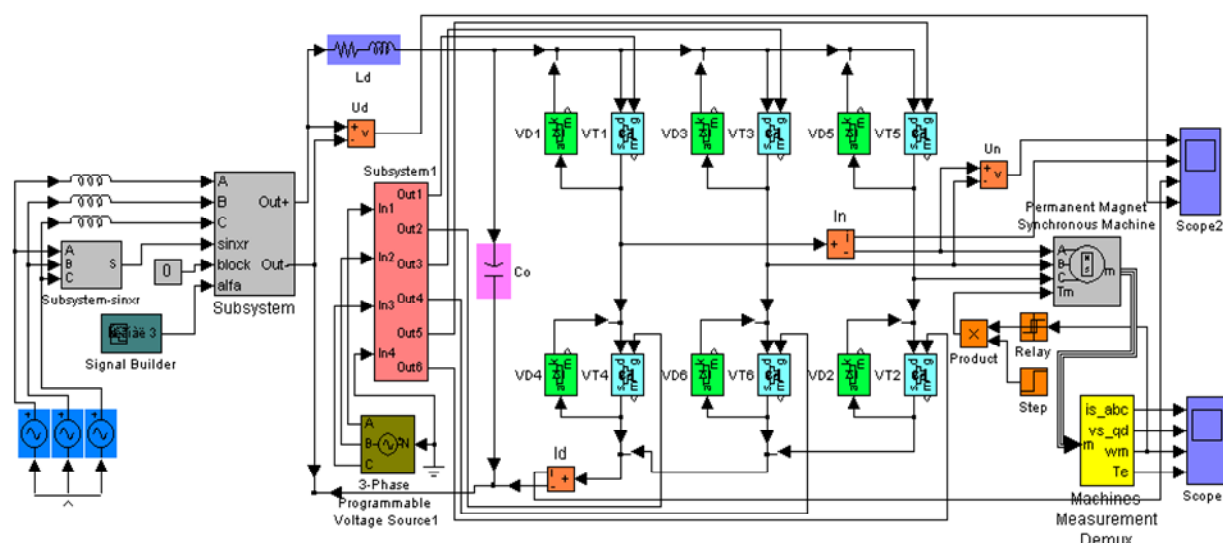


Рисунок 3 – Схема модели ВЭП с транзисторным коммутатором, получающим питание от тиристорного преобразователя с LC-фильтром на выходе

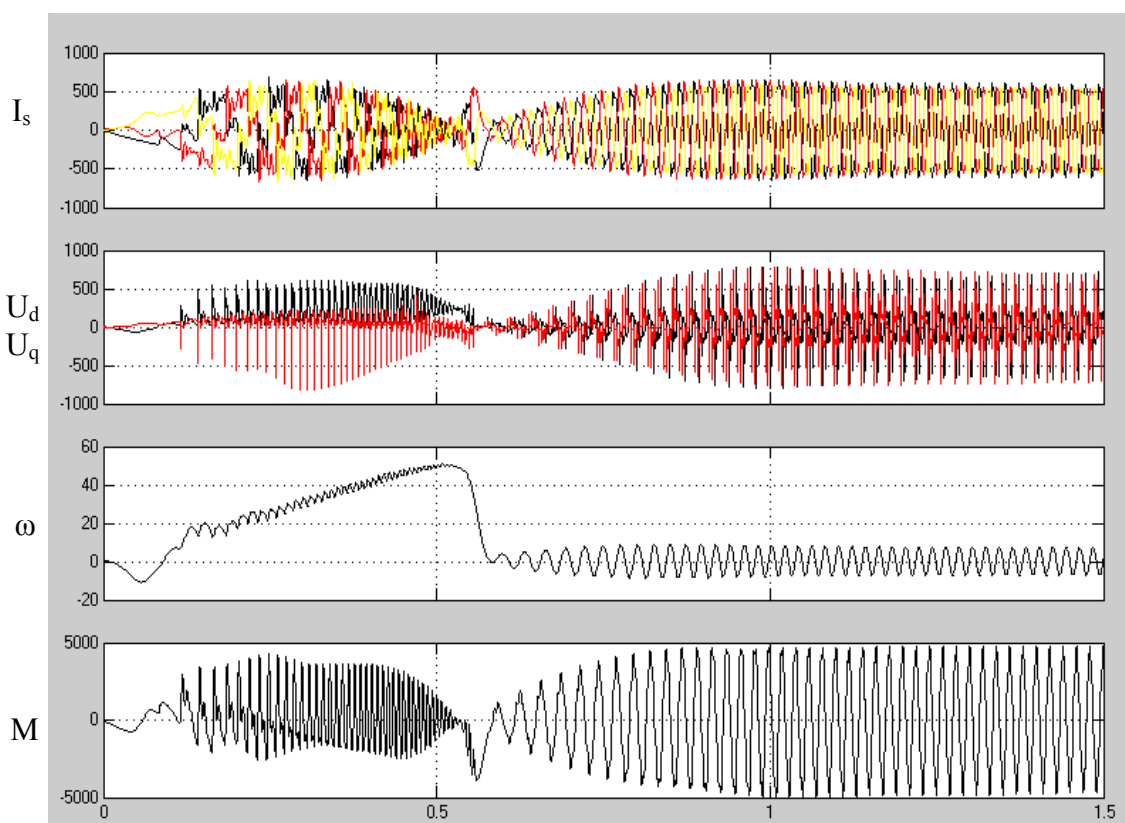


Рисунок 4 – Электромеханические процессы при пуске ВЭП с транзисторным коммутатором по схеме АИН при равноускоренном частотном управлении

Импульс управления тиристором формируется при наличии на аноде положительного потенциала и удерживается столько времени, сколько тиристорю необ-

ходимо для полного и надежного открывания. Это позволяет минимизировать мощность управления и исключает нежелательные, в большинстве случаев, режимы раз-

рывных токов, которые возможны при управлении узкими импульсами.

Для моделирования момента нагрузочно-го реактивного вида, приведенного к валу двигателя, в схеме модели используются три блока: «*Product1*», «*Relay1*», а также блок «*Step*». Частота выходного напряжения АИТ плавно и равномерно регулируется от 0 до 50 Гц при помощи трехфазного генератора «*3-Phase Programmable Voltage Source*», воздействующего на блок «*Subsystem*» системы управления инвертором.

Схема собственно ПИТ свернута в модели в отдельный subsystemный блок и содержит трехфазный реактор и три конденсатора переменного тока. Применение в схеме ТПВЭП большой индуктивности в цепи переменного тока, а не в цепи постоянного тока, как это делается в схемах традиционных АИТ, существенно уменьшает её массо-габаритные показатели. Присутствие конденсаторов значительной емкости в схеме ПИТ дает возможность получить существенной величины форсировки тока, что достаточно хорошо приближает данный вид источника токового питания к идеально-теоретическому.

В схеме (рисунок 1) отсутствует обратная связь по углу поворота ротора двигателя, так как нет ДПР, однако наблюдается абсолютно устойчивый режим пуска и последующая установившаяся скорость (см. рисунок 2). Моделирование ВЭП с теми же параметрами двигателя и нагрузки (рисунок 3), но с использованием вместо ПИТ регулируемого источника постоянного напряжения (тиристорного преобразова-

теля с LC-фильтром на выходе), показывает отсутствие устойчивого пуска синхронного двигателя. Уже при половинной скорости двигатель выпадает из синхронизма (рисунок 4). Для регулирования напряжения на выходе тиристорного преобразователя, питающего наиболее распространенный тип транзисторного коммутатора по схеме АИН, в схеме модели рисунок 3 применяется блок «*Signal Builder*».

Как указывалось выше, нормальная работа такого ВЭП возможна при наличии, как минимум, двух обратных связей:

1) по постоянному току на входе транзисторного коммутатора, чтобы не перегружать по току обмотку статора двигателя и транзисторы;

2) по положению ротора, для надежного удержания его от выпадения из синхронизма.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Для организации указанных обратных связей необходимы соответствующие датчики и регуляторы в составе системы управления ВЭП. Новый описываемый ТПВЭП всего этого не требует, а поэтому его надежность будет более высокой. Применяемый в силовом канале схемы ПИТ, имеет стабильно высокий коэффициент мощности, слабо зависящий от величины нагрузки. В этой связи, можно ожидать, что энергетические показатели ТПВЭП также будут более высокими, чем у традиционного ВЭП, однако это является темой для последующих исследований.

Библиографический список

1. Hoover D. B. Rotating-exciter design keeps pace with generator / D. B. Hoover. — «Progress Power», 1960 April. — pp. 445–447.
2. Аракелян А. К. Вентильный электропривод с синхронным двигателем и зависимым инвертором / А. К. Аракелян, А. А. Афанасьев, М. Г. Чиликин ; под ред. М. Г. Чиликина. — М. : Энергия, 1977. — 224 с.
3. А.с. СССР, МПК Н 02 М 1/08. Устройство для управления тиристором / В. В. Калужный, С. Г. Обухов (СССР). — № 957372; опубли. 1982, Бюл. № 33.

*Рекомендована к печати к.т.н., проф. ДонГТУ Мотченко А.И.,
зам. главного энергетика по электрооборудованию ПАО "АМК" Золотаревым Ю.Ф.*

Статья поступила в редакцию 16.11.15.

к.т.н. Калюжний С. В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ТОКОПАРАМЕТРИЧНИЙ ВЕНТИЛЬНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД

Описується оригінальна силова схема вентильного електроприводу з параметричним джерелом струму та гібридним комутатором, що включає елементи автономних інверторів струму і напруги. Наводяться результати моделювання в середовищі Matlab/Simulink.

Ключові слова: електропривод, синхронний двигун, вентильний комутатор, автономний інвертор струму, автономний інвертор напруги.

Ph.D. Kaluigniy S. V. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

CURRENT-PARAMETRIC VALVE ELECTRICAL DRIVE

They describe the original power circuit of a valve electric drive with a parametric current source and a hybrid switch consisting of elements of the autonomous current and voltage inverter. They present the results of modeling in Matlab/Simulink environment.

Key words: electric drive, synchronous motor, valve switch, autonomous current inverter, autonomous voltage inverter.

УДК 669.18.046.5

к.т.н. Романчук А.Н.,
Романчук Я.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕДУВА КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ НА СОСТАВ МЕТАЛЛА И ШЛАКА И ЭКОНОМИКУ ПРОЦЕССА

Приведены результаты экспериментальных исследований, получены зависимости, характеризующие заключительный этап продувки конвертерной плавки при производстве низкоуглеродистых марок сталей. Получены зависимости, описывающие динамику изменения химического состава конвертерной ванны при содержании углерода 0,08 - 0,02%.

Ключевые слова: конвертер, углерод, металл, шлак, передув, окисленность, кислород, себестоимость.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В настоящее время перед всеми конвертерными цехами остро стоит проблема глубокого обезуглероживания конвертерной ванны. Главной объективной причиной этого является высокий (с тенденцией увеличения) процент выплавки низкоуглеродистых марок сталей. Содержание остаточного углерода в металле в пределах 0,03-0,05% делает невозможным завершение конвертерной плавки без существенного переокисления конвертерной ванны. Поэтому процессы дополнительного окисления Fe, Mn и растворения кислорода в металле, протекающие параллельно с глубоким обезуглероживанием и их влияние на экономику конвертерного процесса, представляют научный и практический интерес. Анализ отечественных и зарубежных исследований и разработок показывает, что большое внимание уделяется вопросам совершенствования технологии выплавки низкоуглеродистых сталей на завершающем этапе продувки металла кислородом. В работах [1-2] приведены теоретические и практические исследования динамики изменения химического состава конвертерной ванны в процессе продувки, в частности при достижении 1-й и 2-й критических концентраций углерода в металле. Вместе с тем изменение химического состава

металла и шлака при содержании углерода 0,08-0,02% изучено недостаточно.

Известно, что транспорт является крупнейшим потребителем стали, в основном листовой. Автолистовые стали, особенно предназначенные для штамповки деталей, относятся к сталям с содержанием примесей на минимально возможном уровне.

Постановка задачи. Задачей данной работы является исследование влияния глубокого обезуглероживания металла на динамику изменения химического состава металла и шлака и экономику конвертерной плавки.

Изложение материала и его результаты. Сталеплавильный комплекс ПАО «АМК» включает два конвертера комбинированного дутья емкостью по 300 т, двухпозиционную установку «ковш - печь» (УКП) и две слябовые МНЛЗ общей производительностью 5,0 млн. т заготовок в год.

Математическому анализу подвергнута опытно-промышленная партия плавов (315 плавов), которые были проведены без додувок и промежуточного скачивания шлака по ходу продувки.

Чугун поставляли в ковшах миксерного типа и заливали в конвертер после предварительной десульфурации, обеспечивая снижение содержания серы в чугуне до ее содержания в готовой стали.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Таблица 1 – Средний расход шихтовых материалов и кислорода для групп плавов с различным содержанием остаточного углерода

Параметры	Содержание углерода, %			
	≥0,08	0,06 – 0,07	0,04 – 0,05	0,02 – 0,03
1	2	3	4	5
Количество плавов	24	41	171	79
Выход годного, %	91,098	90,929	90,587	90,437
Изменение себестоимости грн./т	—	+7,42	+31,27	+51,67
Масса плавки, т	301,613	300,388	299,004	298,190
Расход металлической шихты, т	331,090	330,346	330,115	329,739
в том числе: чугуна, т	267,083	262,863	260,171	256,896
лома стального, т	64,006	67,483	69,944	72,843
извести, т	22,840	22,102	21,345	20,571
Хим. состав чугуна, % [C] _{чуг}	4,432	4,409	4,355	4,330
[Si] _{чуг}	0,714	0,740	0,656	0,624
[Mn] _{чуг}	0,282	0,259	0,264	0,226
[S] _{чуг}	0,013	0,013	0,010	0,008
Средний расход кислорода, м ³ /пл	15388	15346	15426	15738
Температура металла, °С	1645	1648	1640	1652
Основность конечного шлака	2,91	2,93	2,84	2,62
Масса шлака, т	36	36,4	37,8	39,5

Для подачи кислорода использовали пяти сопловую кислородную фурму. Интенсивность продувки составляла 1050-1200 м³/мин.

Пробы металла и шлака отбирали зондом по ходу продувки, либо при повалках конвертера. При отборе проб осуществляли измерение температуры и окисленности металла.

С целью анализа влияния глубокого обезуглероживания металла на состав конвертерной ванны и экономику процесса, опытно промышленная партия плавов была подразделена на четыре группы по ос

таточному содержанию углерода в металле перед выпуском плавки.

Измерение окисленности конвертерной ванны производили при выпуске плавки из конвертера.

Для этой цели использовали прибор Celox с измерительным устройством Multi-Lab. В соответствии с технологической инструкцией конвертерного цеха при производстве марок стали с содержанием углерода 0,05% и менее, уменьшают переокишенность металла, вводя рекомендуемое количество алюминия согласно таблице 2.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Таблица 2 – Расход алюминия в зависимости от окисленности металла

Окисленность, ppm	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Расход алюминия, кг/плавку	210	250	295	335	380	420	460	500

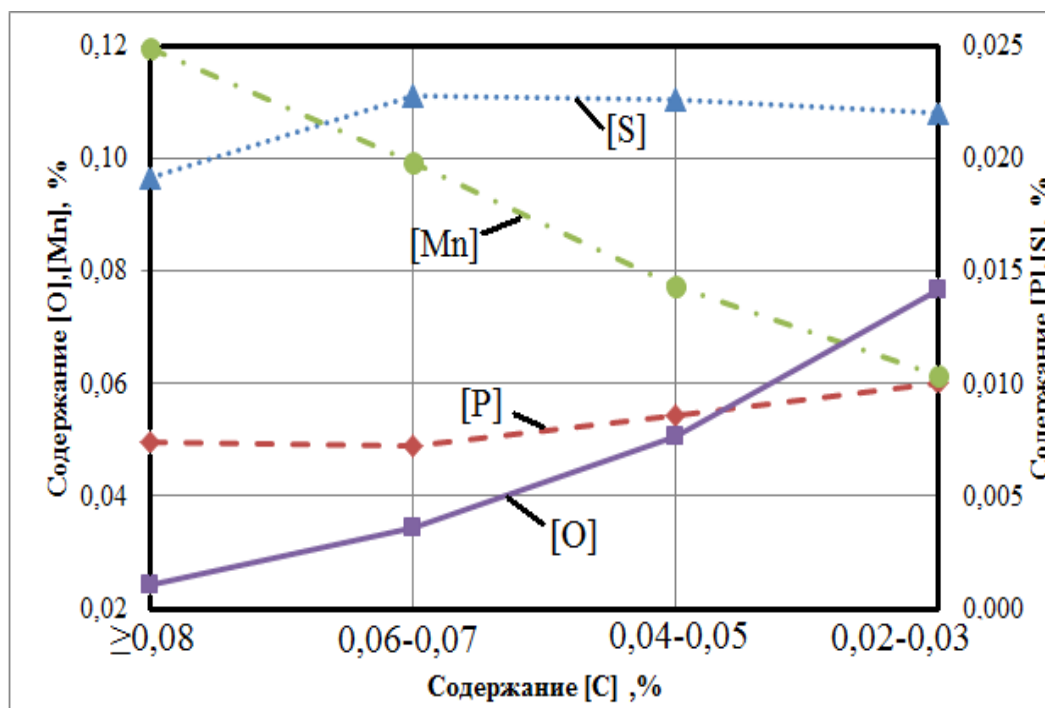


Рисунок 1 – Динамика изменения химического состава металла с уменьшением остаточного содержания углерода в металле

Как следует из рисунка 1, во всем диапазоне характерных для конца конвертерной плавки концентраций углерода 0,08–0,02%, содержание кислорода, растворенного в металле, существенно растет.

Известно, что в конце продувки конвертерной ванны, с уменьшением содержания углерода в металле, все большая часть вдуваемого кислорода поступает в шлак в виде оксидов железа. Это вызывает разбавление шлака по (MnO), уменьшение его активности и увеличение активности оксидов железа, что снижает фактическую концентрацию марганца в металле.

Если при содержании $[C] \geq 0,08\%$ содержание марганца составляет 0,12%, то при $[C]$ равном 0,02 – 0,03% оно составит 0,07%. Столь низкое содержание остаточного $[Mn]$ ведет к увеличению расхода

марганцесодержащих ферросплавов и повышению её себестоимости.

При концентрациях углерода менее критической величины, поступление углерода в зону взаимодействия с кислородом недостаточно для усвоения всего вдуваемого кислорода. В результате скорость окисления углерода уменьшается и, соответственно, содержание растворенного кислорода в конвертерной ванне растет.

Когда коэффициент усвоения кислорода конвертерной ванны превышает коэффициент усвоения кислорода углеродом, избыток кислорода в виде оксидов железа и марганца поступает в шлак, что также способствует насыщению металла кислородом.

Динамика изменения химического состава конечного конвертерного шлака для групп с различным содержанием углерода в металле показана на рисунке 2.

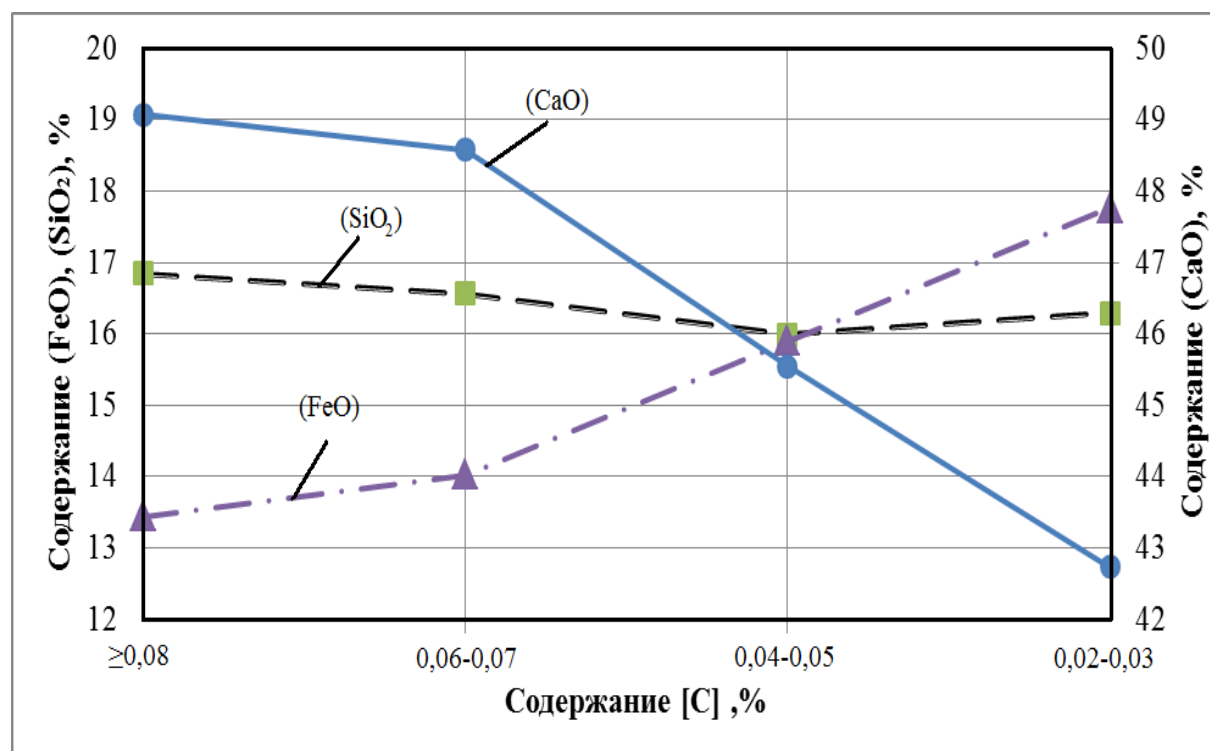


Рисунок 2 – Динамика изменения химического состава конечного конвертерного шлака для групп с различным содержанием углерода в металле

В соответствии с технологической инструкцией конвертерного цеха при производстве марок стали с содержанием углерода 0,05% и менее, уменьшают переокисленность металла, вводя рекомендуемое количество алюминия.

Как следует из рисунка 2, в конце конвертерной плавки содержание оксидов железа в конечном шлаке зависит от концентрации углерода в металле. Зависимость существенно возрастает при $[C]=0,05\%$ и менее. При докритических (ниже 0,10%) концентрациях углерода лимитирующим звеном процесса обезуглероживания является массоперенос углерода из объема металла к реакционной зоне, что в процессе протекания реакции глубокого обезуглероживания сопровожда-

ется интенсивным растворением кислорода в металле и взаимодействием его с железом.

Резкое возрастание (FeO) приводит к снижению концентрации остальных компонентов шлака, в особенности содержания (CaO), что ведет к снижению основности конечного шлака (таблица 3).

Полученные экспериментальные данные позволяют рассчитать долю кислорода, расходуемую на окисление углерода, железа, марганца и повышение окисленности металла. С учетом затрат кислорода на испарение железа, которое по данным [3] составляет 5%, расход кислорода на удаление 0,01% углерода в 300 т конвертере в интервале с 0,10-0,02% углерода приведен в таблице 3.

МЕТАЛЛУРГИЯ

Таблица 3 – Расход кислорода и его доля на удаление 0,01% углерода в 300 т конвертере в интервале с 0,10-0,02% углерода

[C]	CO/CO ₂		MnO		FeO/Fe ₂ O ₃		[O] _{ме}		ΣO
%	м ³	%	м ³	%	м ³	%	м ³	%	м ³
0,09	30,52	55,21	4,06	7,48	14,59	26,86	5,42	9,93	54,59
0,08	30,75	51,66	4,65	7,81	17,70	29,75	6,77	11,31	59,88
0,07	31,01	34,20	5,23	5,77	46,17	50,92	8,71	9,56	91,12
0,06	31,29	25,15	5,82	4,68	76,31	61,33	11,61	9,29	125,04
0,05	31,61	19,48	6,4	3,95	108,86	67,06	16,26	9,97	163,13
0,04	31,95	15,42	6,99	3,37	145,13	70,05	24,39	11,70	208,46
0,03	32,32	12,14	7,58	2,85	187,86	70,56	40,65	15,14	268,40
0,02	32,71	9,04	8,16	2,26	244,01	67,43	81,30	22,20	366,18

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. Рассмотрена технология получения низкоуглеродистых марок стали в условиях конвертерного цеха ПАО «АМК».

2. Проведена обработка статистических данных работы конвертерного цеха по получению низкоуглеродистых марок стали.

3. Состав металла при глубоком обезуглероживании конвертерной ванны характеризуется нарастающим переокислением металла, снижением содержания остаточного марганца в металле и ухудшением условий для десульфурации и дефосфорации расплава.

4. Установлено, что при снижении остаточного содержания углерода в металле (с 0,08 до 0,025%) содержание марганца в ме-

талле существенно снижается, а сера и фосфор при этом практически не удаляются.

5. При глубоком обезуглероживании металла значительно увеличивается содержание оксидов железа в шлаке и масса шлака, что подтверждается снижением содержания SiO₂ в шлаке.

6. Необходимый передув металла при производстве низкоуглеродистых марок стали ведет к уменьшению выхода годного, способствует увеличению износа футеровки, повышению расхода марганцесодержащих материалов.

7. Рекомендуется заканчивать процесс обезуглероживания металла в конвертерах при содержании углерода в металле не менее 0,08%, с последующим обезуглероживанием расплава вне конвертера за счет аргонно-кислородной продувки.

Библиографический список

1. Кудрин В. А. Теория и технология производства стали : учебник для вузов / В. А. Кудрин. — М. : «Мир», ООО «Издательство АСТ», 2003. — 528 с.
2. Поживанов М. А. Выплавка стали для автолиста / М. А. Поживанов, Е. Х. Шахпазов, А. Г. Свяжгин. — М. : Интерконтакт Наука, 2006. — 166 с.
3. Бойченко Б. М. Конвертерное производство стали: теория, технология, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология : учебник / Б. М. Бойченко, В. Б. Охотский, П. С. Харлашин. — Днепропетровск : «Днепр-Вал», 2004. — 454 с.

*Рекомендована к печати к.т.н., проф. ДонГТУ Ульяницким В.Н.,
начальником ЦЛК ПАО «АМК» Сбитневым С.А.*

Статья поступила в редакцию 20.11.15.

к.т.н. Романчук О.М., Романчук Я.О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**ВПЛИВ ПЕРЕДУВУ КОНВЕРТЕРНОЇ ПЛАВКИ НА СКЛАД МЕТАЛУ І ШЛАКУ ТА
ЕКОНОМІКУ ПРОЦЕСУ**

Наведені результати експериментальних досліджень, отримані залежності, які характеризують заключний етап продування конвертерної плавки при виробництві низьковуглецевих марок сталей. Отримані залежності, які описують динаміку зміни хімічного складу конвертерної ванни при вмісті вуглецю 0,08- 0,02%.

Ключові слова: конвертер, вуглець, метал, шлак, передув, окисленість, кисень, собівартість.

PhD in Engineering Romanchuk A.N., Romanchuk Ya.A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

**INFLUENCE OF CONVERTER STEEL AFTER-BLOWING ON METAL AND SINTER
COMPOSITION, AND PROCESS ECONOMICS**

The research results have been given; dependences that describe a final blowing stage in converter for low carbon steel production have been obtained. The change dynamics of chemical composition of converter bath with carbon content 0,08 to 0,02% has been analyzed in this paper.

Key words: converter, carbon, metal, sinter, after-blowing, oxidation, oxygen, cost value.

**СТРОИТЕЛЬСТВО
И
АРХИТЕКТУРА**

УДК 624.04

к.т.н. Псюк В.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР),
д.т.н. Голоднов А.И.
(ОАО "УкрНИИпроектстальконструкция им. В. Н. Шимановского",
г. Киев, Украина),
асп. Никишина И. А., асп. Псюк М.Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАСЧЕТ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

В статье приведена комплексная методика определения технического состояния и расчёта остаточного ресурса строительных конструкций. Предложенная методика позволяет выполнять расчет остаточного ресурса стальных конструкций с учетом наличия остаточного напряженного состояния и разрабатывать обоснованные рекомендации по усилению, замене или защите конструкций.

Ключевые слова: *остаточное напряженное состояние, техническое состояние, остаточный ресурс, несущая способность, предельное состояние, контролируемые параметры.*

Постановка проблемы. Для строительных конструкций устанавливается единственная классификация (номенклатура) возможных технических состояний [1]. Количество видов технических состояний конструкций и элементов принято четыре: нормальное, удовлетворительное, непригодное для эксплуатации, аварийное. Каждому техническому состоянию присущи определённые характеристики дефектов и повреждений, влияющих на несущую способность или долговечность отдельных элементов и конструкций в целом.

Конструкции и элементы с самого начала своей эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла в результате старения и деградации могут последовательно находиться в каждом из четырёх технических состояний. Установление вида технического состояния, в котором находится конструкция или элемент, остаётся главной задачей комплекса работ по обследованию и оценке технического состояния.

Элементы конструкции или сооружения могут оказаться в разных состояниях. В этом случае состояние всей конструкции или сооружения в целом принимается по худшему состоянию [1].

В соответствии с требованиями проектной и нормативной документации устанавливаются критерии (количественные и качественные показатели) оценки технического состояния конструкций и элементов. Эти критерии для каждой обследуемой конструкции устанавливаются специализированной организацией на основе проведенного анализа имеющейся технической и действующей нормативной документации.

Достоверность полученных результатов должна быть обеспечена применением нормируемых методов проведения исследований и определения контролируемых параметров, соответствующих приборов, оборудования и средств измерительной техники, занесённых в Государственный реестр и прошедших проверку в организациях, аккредитованных на выполнение данных видов работ.

При нормальных условиях эксплуатации на конструкции действуют силовые, деформационные и высокотемпературные влияния. Невзирая на то, что пожар является особым видом нагрузки, его возникновение возможно в любой промежуток времени эксплуатации конструкции.

В качестве критериев отказов и повреждений рассматриваются предельные величины параметров технического состояния (наличие или отсутствие трещин, ширина раскрытия трещин, прогибы, перемещение и тому подобное), которые обычно устанавливаются проектной или нормативной документацией.

На основе установленных признаков, с использованием прогнозируемого изменения их во времени, устанавливаются критерии исчерпания несущей способности конструкций с указанием последствий такого вида отказа, а также разрабатываются рекомендации относительно предотвращения исчерпания несущей способности конструкций.

Визуальное обследование технического состояния выполняется путём проведения технического осмотра конструкций. Технический осмотр, в сочетании с информацией, полученной от эксплуатирующей организации, позволяет установить:

- фактические схемы расположения элементов и соответствие их проекту;
- фактические нагрузки и влияния (включая особенные);
- дефекты и повреждения конструкций.

Визуальным методом выявляются видимые дефекты строительных конструкций, а также определяются очевидные и предсказуемые причины их возникновения. Окончательно причины появления дефектов уточняются после изучения технической документации, а также в ходе инструментального обследования.

Визуальное обследование включает оценку технического состояния конструкций по внешним признакам и отбор конструкций для инструментального обследования.

При визуальном обследовании выполняются следующие виды работ:

- обзор конструкций с целью проверки соответствия фактической и проектной конструктивных схем;
- определение состояния сварных швов, болтовых и заклёпочных соединений, узлов соединения элементов и конструкций;

- выявление некачественного выполнения работ при строительстве и ремонтах, которые приводят к снижению несущей способности конструкций;

- оценку фактических условий эксплуатации конструкций, выявления нарушений условий нормальной эксплуатации (действий технологических и атмосферных вод на конструкции, температурных влияний, превышающих проектные);

- определение участков с повреждениями и дефектами;

- осмотр внешней поверхности конструкций на наличие трещин, участков разрушений поверхностных слоёв, сварных швов, обнажения и коррозии арматурных стержней и закладных деталей (для железобетонных конструкций);

- осмотр внешней поверхности стен, перекрытий, фундаментов на наличие трещин, механических повреждений, отслоений облицовки от бетона и кладки;

- выбор конструкций, имеющих дефекты, и мест для дальнейшего отбора образцов кладки, стального проката, арматуры и бетона для инструментальных исследований (не менее трёх образцов на одну конструкцию).

Результаты визуального обследования обычно оформляются в виде актов обследования и ведомостей дефектов с описанием видов дефектов конструкций и мест их расположения. Расположения дефектов фиксируют на схемах и фотографиях.

При отсутствии или незначительных дефектах конструкций, параметры которых не превышают нормативных, на основе результатов анализа технической документации и визуального обследования может быть сделана окончательная оценка технического состояния конструкций. Оценка технического состояния строительных конструкций оформляется в виде «Отчёт о техническом состоянии строительных конструкций» соответствующего здания [2].

При наличии дефектов, после анализа технической документации и визуального

обследования, выполняется предварительная оценка технического состояния строительных конструкций, которая предоставляется в виде раздела «Выводы о техническом состоянии строительных конструкций». После этого разрабатывается программа инструментального обследования.

Инструментальное обследование проводится с целью сбора информации для детальной оценки технического состояния конструкций [2]. Специализированные организации имеют право выбора приборов и оборудования для проведения инструментального обследования в соответствии с требованиями действующих нормативных документов.

Основной задачей при проведении инструментальных обследований остаётся определение физико-механических характеристик материалов. Как правило, определение физико-механических характеристик материалов проводится избирательно на нескольких однотипных конструкциях, а также в дефектных зонах конструкций в местах, установленных в результате анализа данных визуального обследования.

Контролируемые параметры технического состояния арматуры и стальных элементов конструкций в эксплуатируемых конструкциях, определяются с помощью различных разрушающих и неразрушающих методов исследования строительных конструкций.

По результатам анализа технической документации, визуального и инструментального обследования выполняется предварительная оценка технического состояния конструкций, зданий и сооружений в целом и делается вывод о необходимости проведения математического моделирования напряженно-деформированного состояния (НДС) или упрощённых расчётов конструкций.

Прогноз изменения технического состояния при дальнейшей эксплуатации выполняется на основе анализа деградиционных процессов и выявления соответствия фактических параметров технического

состояния требованиям проектной и нормативной документации.

Техническое состояние конструкций при отсутствии дефектов может считаться нормальным или удовлетворительным, если не выполняются [2-6]:

- условие отказа конструкций (условие достижения конструкцией предельных состояний первой группы)

$$F > F_u, \quad (1)$$

где F , F_u – величины соответственно наиболее возможного за время эксплуатации усилия в элементе от расчётных нагрузок и наименьшей несущей способности;

- условие достижения конструкцией предельных состояний второй группы

$$f > f_u, \quad (2)$$

где f , f_u – характерное перемещение конструкции (прогиб, угол поворота, крен и т. п.), которое определено соответственно в результате расчёта или обследования и предельное, установленное нормами.

В качестве параметров предельных состояний второй группы, достижение которых рассматривается как отказ-препятствие, рассматриваются чрезмерное или длительное раскрытие трещин в железобетонных конструкциях, а также достижение предельных величин прогибов.

Предельные состояния этой группы вызывают временное прекращение или частичное нарушение условий нормальной эксплуатации, но вместе с тем чёткая граница перехода в предельное состояние отсутствует.

Функции определения несущей способности принимаются по СНиП 2.03.01-84* или по СНиП II-23-81*. Допускается применять прямые ограничения следующего типа на изменение конструктивных, прочностных или других определяющих параметров

$$\delta_{\min} \leq \delta, \quad (3)$$

$$R_{\min} \leq R, \quad (4)$$

где δ_{\min} – минимально допустимая величина параметра сечения железобетонного элемента (высота, ширина, площадь арматуры и т. п.);

δ – действительная величина параметра сечения;

R_{\min} – минимально допустимое расчётное сопротивление материала (бетона, арматуры);

R – действительное расчётное сопротивление материала.

Оценка технического состояния проводится сопоставлением контролируемых параметров, определённых в ходе выполнения обследований, с соответствующими проектными параметрами или определёнными в результате расчётов. Конструкции могут перейти в предельное состояние, при достижении предельных величин таких параметров как геометрические размеры (уменьшение в результате коррозионного износа арматуры и бетона); прочность бетона; принятое армирование не соответствует проекту; наличие разрушений или повреждений узлов соединений, закладных деталей и элементов креплений.

Минимально допустимые величины контролируемых параметров в формулах (3) и (4) устанавливают по результатам расчётов строительных конструкций известными методами строительной механики и сопротивления материалов для определения несущей способности и сравнения ее с максимальным действующим усилием [2, 7]

$$F_{cr}[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)] > F, \quad (5)$$

где $F_{cr}[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)]$ – функция несущей способности;

F – определяется по результатам упрощённых расчётов или математического моделирования НДС конструкций и здания в целом.

В качестве параметров $x_1(t)$, $x_2(t)$, ..., $x_m(t)$, принимаются размеры поперечного сечения, прочность материалов, в т.ч. и как функции времени, деформации грунтового основания и т.д. Определение вели-

чины действующего усилия F для статически определённых конструкций не представляет сложностей с точки зрения строительной механики. Для статически неопределённых конструкций величина F определяется по результатам математического моделирования НДС, установленно-го по результатам обследования.

Переход неравенства (5) в уравнение свидетельствует об исчерпании несущей способности (ресурса) конструкции. Дальнейшая эксплуатация возможна после проведения работ по усилению, замене или ремонту элементов конструкций.

Расчёт остаточного ресурса выполняется в такой последовательности.

1. Выполняется обследование конструкций, устанавливаются контролируемые параметры: размеры поперечного сечения, характеристики прочности материалов, уточняются величина и характер нагрузок и воздействий.

2. Определяется несущая способность конструкции по данным проведённых обследований $F_{cr}[x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)]$. По результатам расчёта устанавливаются максимальные усилия F . Выполняется сравнение

$$F_{cr} \geq F. \quad (6)$$

Если неравенство выполняется, несущая способность не исчерпана.

3. Определяют остаточный ресурс t_R с использованием допущения относительно линейной зависимости изменения контролируемых параметров от времени

$$t_R = \Delta t \cdot \frac{F_{cr} - F}{F_{pr} - F_{cr}}, \quad (7)$$

$$\Delta t = t_1 - t_0, \quad (8)$$

где t_0 – дата начала эксплуатации конструкции (после изготовления, усиления или замены) или предыдущего обследования, год;

t_1 – дата выполнения обследования и установления изменений контролируемых параметров, год;

F_{pr} – несущая способность элемента, которая определена по данным проекта.

Определение остаточного ресурса целесообразно выполнять по возможности на большей базе (8). Более точное решение относительно величины ресурса может быть получено при условии наличия результатов регулярных наблюдений и определения контролируемых параметров и технического состояния.

Если неравенство (6) не выполняется, элемент находится в состоянии, не пригодном для эксплуатации, или аварийном.

При наличии неравномерных осадок оснований, а также при высокотемпературных влияниях целесообразно выполнение математического моделирования по результатам проведённого обследования НДС конструкций и здания в целом.

Требования к несущей способности, деформативности, долговечности и надёжности стальных элементов и конструкций вызывают необходимость анализа их остаточного напряжённого состояния (ОНС) с учётом технологии изготовления и условий эксплуатации.

В качестве иллюстрации необходимости учёта ОНС при определении технического состояния и остаточного ресурса можно рассмотреть следующий пример. Колонна (сварной двутавр 50Ш1-С) расчётной длины в плоскости меньшей жёсткости 4,2 м была запроектирована под нагрузку $F = 2000$ кН. В эксплуатации колонна находится с $t_0 = 1990$ года. Первоначальное сечение: пояса – 300×16 мм, стенки – 450×12 мм, катет шва $k_f = 8$ мм, $i_y = 6,93$ см, площадь поперечного сечения $A = 150$ см², гибкость $\lambda_y = 60$. Расчётное сопротивление стали $R_y = 240$ МПа. Вели-

чина остаточных напряжений (ОН) сжатия на кромках поясов $\sigma_{res,com}^{(f)} = 49$ МПа.

За время эксплуатации колонна получила коррозионный износ поясов и стенки. По состоянию на $t_1 = 2010$ год размеры поясов составили 300×14 мм, стенки – 450×10 мм, $i_y = 6,87$ см, площадь поперечного сечения $A = 129$ см², гибкость $\lambda_y = 60$. Результаты расчёта остаточного ресурса с использованием различных методик определения коэффициента продольного изгиба приведены в таблице 1. Таким образом, при такой скорости коррозионного износа остаточный ресурс колонны, с учётом влияния ОНС, составляет 3,3 года. Без учёта влияния ОНС остаточный ресурс составляет 23,9 лет.

По результатам проведённых исследований сделаны следующие выводы.

1. Предложена комплексная методика определения технического состояния и расчёта остаточного ресурса конструкций. Методика не противоречит основным положениям действующих нормативных документов по вопросам обследований и паспортизации и дополняет их в части определения остаточного ресурса и учёта ОНС.

2. Предложенная методика позволяет выполнить расчёт остаточного ресурса стальных конструкций с учётом наличия ОНС. Установлено, что наличие неблагоприятного ОНС может привести к преждевременному отказу конструкций.

3. Предложенная методика позволяет сделать окончательные выводы о техническом состоянии и разработать обоснованные рекомендации относительно усиления, замены или защиты конструкций.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Таблица 1 – Расчёт остаточного ресурса колонны

Определяемые параметры	Определяемые параметры		
	по методике [5]	по методике [6]	по методике [7]
Площадь сечения, $A, \text{см}^2$	150	150	150
Коэффициент продольного изгиба, φ	0,805	0,73	0,694
Несущая способность по проектным данным, $F_{\text{пр}}, \text{кН}$	2900	2630	2500
Площадь сечения после 20 лет эксплуатации, $A, \text{см}^2$	129	129	129
Коэффициент продольного изгиба после 20 лет эксплуатации, φ	0,805	0,73	0,668
Несущая способность по данным обследования, $F_{\text{ст}}, \text{кН}$	2490	2260	2070
Остаточный ресурс, $t, \text{лет}$	23,9	14,1	3,3

Бібліографічний список

1. Нормативні документи з питань обстежень, паспортизації, безпечної та надійної експлуатації виробничих будівель і споруд. — К. : Держбуд України, 1999. — 152 с.
2. Голоднов А. И. Определение остаточного ресурса железобетонных конструкций в условиях действующих предприятий / А. И. Голоднов // Буд. Конструкції : Міжвідом. наук.-техн. зб. / НДІБК. — К. : НДІБК, 2005. — Вип. 62. — Т. 2. — С. 138–143.
3. Семиног М. М. Надійність експлуатації залізобетонних конструкцій після силових, деформаційних та високотемпературних впливів / М. М. Семиног, О. І. Голоднов // Буд. Конструкції : Міжвідом. наук.-техн. зб. «Науково-технічні проблеми сучасного залізобетону» НДІБК. — К. : НДІБК, 2011. — Вип. 74. — Книга 2. — С. 56–63.
4. Псюк В. В. Выравнивание сваркой деформированных элементов стальных конструкций / В. В. Псюк, А. И. Голоднов, Б. В. Иванов // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. — Алчевск : ДонГТУ, 2012. — Вып. 38. — С. 224–231.
5. СНиП II-23-81*. Стальные конструкции. — [Действующий с 1990-07-01]. — М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1990. — 96 с.
6. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування.— [Действующий с 2006-05-06]. — К. : Мінбуд України, 2006. — 359 с.
7. Голоднов А. И. Регулирование остаточных напряжений в сварных двутавровых колоннах и балках / А. И. Голоднов. — К. : Сталь, 2008. — 150 с.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. Института архитектуры,
строительства и ЖКХ ЛГУ им. Даля Андрійчуком Н.Д.,
к.т.н., доц. ДонГТУ Бондарчуком В. В.**

Статья поступила в редакцию 09.11.15.

к.т.н. Псюк В.В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР), **д.т.н. Голоднов О.І.** (ВАТ "УкрНДІпроектстальконструкція ім. В.М. Шимановського", м. Київ, Україна), **асп. Нікішина І.О., асп. Псюк М.Ю.** (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТА РОЗРАХУНОК ЗАЛИШКОВОГО РЕСУРСУ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

У статті наведена комплексна методика визначення технічного стану і розрахунку залишкового ресурсу будівельних конструкцій. Запропонована методика дозволяє виконувати розрахунок залишкового ресурсу сталевих конструкцій з урахуванням наявності залишкового

напруженого стану і розробляти обґрунтовані рекомендації щодо посилення, заміни або захисту конструкцій.

Ключові слова: залишковий напружений стан, технічний стан, залишковий ресурс, несуча здатність, граничний стан, контрольовані параметри.

PhD in Engineering Psjuk V.V. (DonSTU, Alchevsk, LPR), **Dr. Tech Sci. Golodnov A.I.** (ОАО"УкрНіпроектстальконструкція ім. В.Н. Шимановського" , Kiev, Ukraine), **PhD student Niki-shina I.A.**, **PhD student Psjuk M.Y.** (DonSTU, Alchevsk, LPR)

STRUCTURAL ASSESMENT AND RESIDUAL LIFE CALCULATION OF ENGINEERING STRUCTURES

Complex methodology of determining the engineering condition and calculation of engineering structures' residual life were given in the article. The proposed methodology allow making residual life calculation of building structures considering the remanent stress condition and developing validated recommendations on steelworks reinforcement, replacement and protection.

Key words: remanent stress condition, engineering condition, residual life, bearing strength, limit state, controlled parameters.

УДК 69(06):691.327:620.193.000.57:628.14:699.87

к.т.н. Хвортова М.Ю.,

д.т.н. Дрозд Г.Я.,

к.т.н. Буряк В.Г.

(ИСАиЖКХ ЛГУ им. В. Даля, г. Луганск, ЛНР, drozdg@mail.ru),

д.т.н. Братчун В.И.

(ДонНАСА, г. Макеевка, ДНР, bratv09@yandex.ua)

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЗАЩИТЫ ОТ БИОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ БЕТОННЫХ ТРУБ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Выполнено исследование влияния общих факторов на формирование и развитие нестационарного процесса биокоррозии бетонных изделий, эксплуатация которых происходит в условиях размножения микроорганизмов-биодеструкторов на фоне пористой структуры бетона по схеме цепной реакции в пределах аэробной – жидкостно питательной среды с опосредованным учётом переменного водородного показателя pH. Дана количественная оценка величины предельного диаметра бетонной трубы, которая определяет, в зависимости от биохимических, биофизических и технологических параметров процесса биодеструкции, начало цепной микробиологической реакции. Полученные результаты позволяют непосредственно влиять на технологию производства средств защиты бетонных труб с минимально рациональной толщиной стенки при наличии арматурного каркаса (в частности, применение технологии флюатирувания).

Ключевые слова: биокоррозия, бетон, канализационный коллектор, биодеструкция, флюатирувание.

Введение. Проблема биокоррозии особенно железобетонных канализационных коллекторов, используемых в подземных городских сооружениях, приобретает определенную актуальность как предмет теоретических исследований в связи с наличием эффекта масштаба и риска экологической катастрофы [1-4]. При этом надо иметь в виду два опасных фактора. Во-первых, функционирование промышленных предприятий неизбежно сопровождается выбросами в окружающее пространство вредных химически активных веществ в виде жидкости, газа и пыли, что в конечном итоге после некоторого цикла физико-химических трансформаций становится питательной средой для различных популяций бактерий, которые заселяют бетон канализационных систем извне и способствуют развитию микробиологических процессов разрушения бетона. Во-вторых, функциональная особенность канализационных коллекторов заключается в сборе и отводе в зону очистки сточных

вод, которые являются агрессивной средой с большим интервалом значений изменения водородного показателя pH, который обеспечивает при $pH < 1,5$ прямую химическую реакцию образования серной кислоты, а при значениях $pH < 13$ обеспечивает комплексный процесс коррозионной деструкции бетона, начиная с углекислотной коррозии [1], когда разрушается плёнка углекислого кальция, который обладает высокой щелочностью $pH = 11-13$ и блокирует диффузию микроорганизмов-биодеструкторов в бетонную массу, далее последовательно наступают этапы, такие, как этап карбонизации с предельным значением $pH = 9-9,5$, начальный этап микробиологической коррозии с $pH = 4-5$ и этап прогрессирующего разрушения бетона, характеризующийся снижением водородного показателя до значения $pH = 3$. Реакции микробиологического характера, которые разрушают бетон, составляют в последние десятилетия (конец XX-начало XXI века) предмет исследования ведущих

отечественных и иностранных научных школ, особенно в Германии, США и Японии, что мотивировано необходимостью получения фундаментальных теоретических и экспериментальных результатов по биодеструкции с целью формирования технологий по защите и увеличению сроков эксплуатации бетонных сооружений. Основное направление деятельности указанных научных школ связано с необходимостью исследования системы микробиологических и химических процессов, которые приводят к разрушению бетонных канализационных сооружений, а также временную иерархию его заселения микроорганизмами-биодеструкторами. Но научные исследования микробиологических процессов проводятся с отрывом от реальных условий эксплуатации канализационных коллекторов, т. е. исследование динамики заселения бетона канализационных систем биодеструктором выполняется в виде модельных экспериментов в лабораторных условиях с использованием искусственно полученных штаммов микроорганизмов или сводится к выявлению некоторых случайных групп микроорганизмов в образцах разрушенных объектов. Японскими исследователями были предприняты попытки по внедрению штаммов микроорганизмов в агрессивную среду действующего канализационного коллектора сложившимся микробоценозом биодеструкций, но этот эксперимент носил единичный характер в связи с опасностью инфицирования исследователей и наличием технологических проблем при многократном повторении наблюдений. Несмотря на отсутствие системного подхода, специалисты по проблемам биокоррозии [5] сделали попытку классификации наиболее активных штаммов микроорганизмов, которые в хронологической последовательности вытесняют один другого в зависимости от глубины разрушения бетона и внешних параметров среды. Анализ ассоциативных данных, полученных в указанных исследованиях, показал недостаточ-

ность и неэффективность результатов использования исключительно технологий эксперимента для формулирования корректной универсальной аналитической модели биокоррозии бетона с возможностью практической апробации рекомендаций общего характера для прогнозирования процесса разрушения бетона в реальных условиях эксплуатации канализационных систем. Как было отмечено в работах, микробная среда как фактор биодеструкции бетона, имеет значительно более сложную структуру, чем это представлялось специалистам экспериментального направления исследований. Такое предположение получило подтверждение в молекулярно-биологических исследованиях бетонных изделий в состоянии прогрессирующей биокоррозии, когда были обнаружены качественно новые штаммы микроорганизмов, которые находились за пределами лабораторного этапа культивации и которые способствовали чрезвычайно быстрому разрушению бетона, который носил характер цепной реакции. Таким образом, полная картина биодеструкции канализационных сооружений характеризуется взаимодействием главной группы биодеструкторов в виде тионовых бацилл, которые продуцируют серную кислоту, с гетеротрофными бактериями, с грибами-микромикантами, что имеет своим следствием формирование в теле бетона агрессивной среды, которая самовосстанавливается за счёт стоков. Феноменологическое представление о биодеструкции бетона, согласно статье [2], имеет следующие основные черты. Прежде всего, это утверждение, что микробиологическая коррозия является первоначальной, а химическая коррозия представляет собой вторичный процесс. Действительно, соблюдение рассуждения о том, что первоначальной причиной разрушения бетонных и металлических канализационных сооружений является сероводород и серная кислота, то есть имеет место химическая коррозия на уровне жидкостной диффузии в пористой

среде бетона, нивелирует микробиологическую природу происхождения этих агрессивных химических соединений и приводит к спонтанному заселению бетонных конструкций биодеструктором с негативными последствиями по сокращению сроков эксплуатации указанных объектов и их быстрому разрушению. С этой точки зрения невозможно объяснить также факт катастрофически быстрого разрушения канализационных сооружений не соответствующего параметрам жидкостной диффузии. Феноменологическое моделирование биокоррозии в бетонных канализационных сооружениях основывается на представлении, что бетон заселяется и разрушается штаммами бактерий, циклы жизнедеятельности которых синхронизированы во времени в соответствии со снижением водородного показателя pH, увеличения степени пористости бетона и снижения его механической прочности. Во многих публикациях по проблеме биодеструкции бетонных сооружений [1, 2, 5] авторы придерживаются утверждения, что наиболее эффективными биодеструктором является Тион бациллы (*Thiobacillus*), которые представляют собой многочисленную группу бактерий, различающиеся по способности существовать в условиях повышенной кислотности среды. В статье [5] приведена классификация тионовых бактерий на два класса: класс нейтрофильных бактерий, который растёт и размножается при значениях pH 9-4, и класс кислотофильных бактерий, для которого нижняя граница существования определяется значением pH 0,5, т. е. при заселении бациллами тела бетона происходит хронологическое изменение нейтрофильных тиобацилл кислотофильными. При этом, благодаря действию ферментов, которые выделяются нейтрофильными тиобациллами, показатель pH уменьшается до 7. Далее, начиная с pH 7, процесс зарождения, размножения, развития и последовательной смены различных типов тионовых бактерий *Thiobacillus*, который проводится по схеме: *neapolitanus*,

thioparus, *thioxidans*, происходит в ассоциативной связи с циклом заселения бетона грибами-микромикетов, продуцирующих в микротрещинах поверхностного слоя, увеличивая пористость бетона, и способствующих прикреплению других микроорганизмов и проникновению вглубь бетона соответствующих ферментов. Снижение значения pH до 5-4,5 сопровождается значительным сокращением численности нейтрофильных тиобацилл (*neapolitanus*, *thioparus*) и появлением основного продуцента серной кислоты – группы кислотофильных бактерий (*thioxidans*), что является признаком процесса интенсивного разрушения бетона канализационных сооружений [2]. Химический аспект разрушения бетонных изделий в условиях действия биодеструкторов заключается во взаимодействии гидрат окиси кальция с серной кислотой и образованием гипса и потерей механической прочности. Таким образом, анализ последних публикаций по проблеме биодеструкции бетона канализационных систем приводит к следующему выводу:

1. Основными факторами разрушения бетонных канализационных конструкций является биохимическая коррозия (наличие сероводорода и серной кислоты, которая обусловлена жизнедеятельностью различных групп нейтрофильных сероокисляющих бактерий – *Thiobacillus*, *Thiomonas* и др.), грибная коррозия (заселение бетона грибами-микромикетов, которое сопровождается механическим разрушением канализационных систем), и грибобиохимическая коррозия (разрушительный синергетический эффект ассоциативного взаимодействия грибов-микромикетов и серо-окисляющих бактерий, которое способствует как размножению грибов, так и увеличению репродуктивности бактерий в широком интервале pH 13-4,5).

2. Лабораторные эксперименты, связанные с исследованиями определенных аспектов биокоррозии бетонных изделий, в своем большинстве имеют декоративный ограниченный характер и выборочную

цель, не позволяющую квалифицировать их результаты на уровне общих рекомендаций по уменьшению активности биокоррозии в практической плоскости, то есть, на стадии проектирования и дальнейшей эксплуатации канализационных коллекторов.

3. Чрезвычайная актуальность проблемы защиты бетона канализационных систем от биохимической коррозии требует строгого модельного подхода к созданию аналитического аппарата исследования зависимости макропараметров и микропараметров заселения тионовыми бациллами тела бетона, с использованием фундаментальных законов газовой и жидкостной диффузии в пористых средах, имеющих заданную геометрическую конфигурацию и заданное состояние процесса на границе раздела фаз.

Постановка проблемы математической модели процесса биохимической деструкции бетона канализационных коллекторов требует выполнения двух требований общего характера: во-первых, это феноменологическое описание эволюции заселения микроорганизмами бетонной конструкции, а во-вторых, это аналитическое описание соответствующих законов сохранения с применением полуфеноменологического подхода, который учитывает несколько допущений и ограничений модельного характера.

Таким образом, формулировка задачи сводится к следующему: для бесконечной бетонной цилиндрической трубы $T_u: r_1 \leq r \leq r_2, -\infty < z < +\infty$, где r_1, r_2 соответственно внутренний и внешний диаметры трубы необходимо найти функцию концентрации тиобацил $n = n(M, t) = n(r, \varphi, z, t)$, где (r, φ, z) – цилиндрические координаты точки $M(x, y, z)$ трубы T_u , x, y, z – декартовы прямоугольные координаты, $x = r \cos \varphi, y = r \sin \varphi, z = z$, удовлетворяющие нестационарному дифференциальному уравнению диффузии

$$c(M) \frac{\partial n(M, t)}{\partial t} = \operatorname{div}(D(M) \operatorname{grad} n(M, t)) + \gamma(M) n(M, t), \quad (1)$$

где $c(M)$ – коэффициент пористости бетона; $D(M)$ – коэффициент диффузии тиобацил; $\gamma(M)$ – коэффициент размножения тиобацил.

$r_1 < r < r_2, 0 \leq \varphi \leq 2\pi, -\infty < z < +\infty$, для момента времени $t > 0$, когда на внутренней и внешней поверхностях поддерживается концентрация

$$\begin{aligned} n(r_1, \varphi, z, t) &= f_1(\varphi, z, t), \\ n(r_2, \varphi, z, t) &= f_2(\varphi, z, t), \end{aligned} \quad (2)$$

$$0 \leq \varphi \leq 2\pi, -\infty < z < +\infty, t \geq 0$$

или заданы плотности потоков микроорганизмов

$$\begin{aligned} \frac{\partial n(r_1, \varphi, z, t)}{\partial r} &= q_1(\varphi, z, t), \\ \frac{\partial n(r_2, \varphi, z, t)}{\partial r} &= q_2(\varphi, z, t), \end{aligned} \quad (3)$$

$$0 \leq \varphi \leq 2\pi, -\infty < z < +\infty, t \geq 0,$$

при этом в начальный момент времени распределение концентрации имеет вид

$$\begin{aligned} n(r, \varphi, z, 0) &= f_0(r, \varphi, z) \\ r_1 \leq r \leq r_2, -\infty < z < +\infty, 0 \leq \varphi \leq 2\pi. \end{aligned} \quad (4)$$

При этом сохраняется возможность комбинирования граничных условий I-го (2) и II-го (3) рода, то есть рассматривается смешанная задача. Корректность постановки задачи (1)-(4) означает существование, однозначности и устойчивости решения дифференциального уравнения (1). Степень деструкции бетона будет определяться концентрацией серной кислоты

$$n_{s.a.} = n_{s.a.}(M, t) = n_{s.a.}(r, \varphi, z, t) \quad (5)$$

основным продуктом, которого являются Тионовые бациллы с концентрацией $n = n(M, t) = n(r, \varphi, z, t)$. Дифференциальное уравнение для определения величины

$n_{s.a.} = n_{s.a.}(M, t) = n_{s.a.}(r, \varphi, z, t)$ (5) имеет вид

$$\frac{\partial n_{s.a.}(M, t)}{\partial t} = n(M, t), \quad (6)$$

$$n_{s.a.}(M, 0) = 0,$$

где $\vartheta > 0$ – параметр, определяющий скорость образования серной кислоты.

Результаты исследования. Исследование проблемы биодеструкции бетона канализационных сооружений будет выполнено в данной работе на уровне решения нестационарного дифференциального уравнения диффузии (1), как математической модели процесса заселения микроорганизмами (тиобацилами) тела бетона с учётом начальных (4) и граничных условий (2) или (3). При этом надо иметь в виду, что дифференциальное уравнение (1) имеет общий характер и его решение не может быть представлено в аналитическом виде (в квадратурах). В связи с этим, в математическую модель (1)-(4) введём ряд допущений математического, физического и химико-микробиологического характера, которые позволят найти решение данной модели, без нарушения условий корректности в конечной форме в первом приближении и провести как качественный, так и количественный анализ процесса диффузии тиобацил в пористом теле бетона, используя результаты статей [5-8].

Сформулируем, прежде всего математические и физические требования для модели (1)-(4):

1. Допускаем, что процесс диффузии аэробных тиобацилл осуществляется в бесконечной пористой цилиндрической бетонной трубе $T_u: r_1 \leq r \leq r_2, -\infty < z < +\infty, 0 \leq \varphi \leq 2\pi$, где r_1, r_2 соответственно внутренний и внешний диаметры, $0 \leq r_1 < r_2 \leq \infty$, причём в любом сечении трубы плоскостью, ортогональной её оси, этот процесс инвариантен, то есть описывается одинаковым набором параметров с неизменными, относительно расположения сечений, значениями.

Итак, исследования дифференциального уравнения (1) будет проводиться в цилиндрической системе координат $(r, \varphi, z), 0 \leq r \leq \infty, 0 \leq \varphi \leq 2\pi, -\infty < z < +\infty$: с учётом плоского случая. Это означает, что произвольная переменная данной задачи вида $A(r, \varphi, z)$ зависит только от независимых переменных r, φ , то есть $A(r, \varphi, z) \equiv A(r, \varphi)$, а произвольная переменная вида $B(r, \varphi, z, t)$ зависит только от независимых переменных r, φ, t , то есть $B(r, \varphi, z, t) \equiv B(r, \varphi, t)$.

2. Предполагаем, что пористое тело бетона T_u является однородной средой, то есть коэффициент пористости бетона $c(r, \varphi)$, коэффициент диффузии тиобацил $D(r, \varphi)$ и коэффициент размножения тиобацил $\gamma(r, \varphi)$ не зависят от пространственных переменных r, φ и являются постоянными усредненными величинами: $c(r, \varphi) \equiv c = const, D(r, \varphi) \equiv D = const, \gamma(r, \varphi) \equiv \gamma = const$. Это предположение соответствует уровню „строгости” этой модели, когда вместе с дифференциальным уравнением диффузии (1) не рассматривается дифференциальное уравнение теплопроводности для неизвестной функции температуры $u = u(r, \varphi, t)$ бетонной трубы T_u и дифференциальное уравнение для неизвестной функции $(pH)(r, \varphi, t)$, описывающий кислотно-щелочные свойства пористой среды бетона. Рассмотрение указанной системы трёх дифференциальных уравнений не повлияет на качественные свойства решения дифференциального уравнения (1), но будет способствовать переопределения количественных характеристик задачи.

Требования по химико-микробиологической составляющей модели (1)-(4) сводятся к следующему:

1. Учитывая иерархические изменения в процессе заселения бетонной трубы T_u различных типов Тионовых бактерий в за-

висимости от значения водородного показателя pH и последовательно придерживаясь модельного подхода к проблеме биодеструкции бетона канализационных систем, полагаем, что весь спектр серноокислительных бактерий, который включает такие типы как *Thiothrix*, *Thiobacillus*, *Thiomicrospira*, *Thiomonas*, *Beggiatoa* и др. представляет в диффузионном процессе заселение бетона некоторое *гипотетическое унифицированное* семейство бацилл *Unibacillus*, что имеет только такие особенности указанных микроорганизмов, как способность поселяться и размножаться в кислотно-щелочной среде и производить серную кислоту. При этом зависимость концентрации бацилл *Unibacillus* от макропараметров задачи, как водородного показателя pH, температуры Θ среды бетона и других, на каждом из фиксированных промежутков их значений отражает реальную зависимость соответствующих групп тиобацилл, что в данной модели фиксируется косвенно в терминах начальных и граничных условий. Количество и скорость образования серной кислоты в процессе жизнедеятельности бацилл *Unibacillus* определяют фронт и динамику разрушения бетона, которое происходит во времени и пространстве и является ассоциативным следствием действия совокупности физических, химических и биохимических аспектов биохимической коррозии. В связи с этим, введём в рассмотрение понятие *степени разрушения бетона канализационных конструкций*:

I-я ступень (заселение бетона бациллами *Unibacillus*, бетон сохраняет механическую прочность, $0 \leq \langle n_{s.a.} \rangle \leq n^{(1)}$);

II-я ступень (ослабление механической прочности бетона, $n^{(1)} < \langle n_{s.a.} \rangle \leq n^{(2)}$);

III-я ступень (разрыхление и разрушение бетона, $n^{(2)} < \langle n_{s.a.} \rangle \leq n^{(3)}$).

В приведенных оценках параметры $n^{(k)}$, $k=1,2,3$ имеют эмпирический харак-

тер и $n^{(1)} < n^{(2)} < n^{(3)}$, а символ $\langle n_{s.a.} \rangle$ означает среднее значение величины $n_{s.a.}(M, t)$ (5). Пусть $t^{(k)}$, $k=1,2,3$ – моменты времени, которые определяют величину временных промежутков $t \in [0, t^{(k)}]$, соответствующих степеней разрушения единицы объема бетонной трубы T_u , тогда значение параметра $t^{(k)}$ находится как решение уравнения относительно переменного t

$$\frac{1}{2\pi(r_2^2 - r_1^2)} \int_0^t d\tau \int_{r_1}^{r_2} r dr \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-l}^l dn_{s.a.}(r, \varphi, z, \tau) \Big|_{l \rightarrow \infty} = n^{(k)},$$

$k = 1, 2, 3.$ (7)

В плоском случае уравнение (7) принимает вид

$$n^{(k)} = \frac{1}{\pi(r_2^2 - r_1^2)} \int_0^t d\tau \int_{r_1}^{r_2} r dr \int_0^{2\pi} d\varphi n_{s.a.}(r, \varphi, \tau),$$

$k = 1, 2, 3.$ (8)

2. Взаимодействие группы биодеструкторов *Thiothrix*, *Thiobacillus*, *Thiomicrospira*, *Thiomonas*, *Beggiatoa* и др., обобщенных в виде бацилл *Unibacillus*, с гетеротрофными бактериями и с грибами – микромицентами, следствием которого является формирование и активизация микробной среды в бетонных канализационных сооружениях, в предлагаемой модели будет учитываться с помощью граничных условий.

3. Предполагаем, что промежуток времени, который соответствует требованиям корректности решения дифференциального уравнения диффузии (1), определяется величиной параметра полного разрушения бетона $t_{des} \equiv t^{(3)}$.

Исходя из математических ограничений модели (1)-(4) выпишем дифференциальное уравнение диффузии (1) в виде

$$\frac{\partial n(M, t)}{\partial t} = a^2 \Delta_3 n(M, t) + b n(M, t), \quad (9)$$

где $a^2 \equiv \frac{D}{c}$ – коэффициент биодиффузии, $b \equiv \frac{\gamma}{c} > 0$ – коэффициент размножения

Unibacillus, $\Delta_3 \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ – трёхмерный лапласиан.

Учитывая, что в плоском случае функция концентрации бацилл $u(M, t) = u(x, y, z, t)$ не зависит от переменной z , то есть $u(M, t) \equiv u(x, y, t)$, перепишем уравнение (9) в виде

$$\frac{\partial n(x, y, t)}{\partial t} = a^2 \Delta_2 n(x, y, t) + b n(x, y, t), \quad (10)$$

где $\Delta_2 \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ – двумерный лапласиан.

В полярной системе координат (r, φ) лапласиан $\Delta_2 \equiv \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ имеет вид

$$\Delta_2 = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}. \quad (11)$$

Таким образом, дифференциальное уравнение диффузии (10), дополненное начальными и граничными условиями типа (4) и (2), можно квалифицировать как первое краевое задание: найти решение $n(r, \varphi, t)$ дифференциального уравнения диффузии

$$\frac{\partial n(r, \varphi, t)}{\partial t} = a^2 \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial n(r, \varphi, t)}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 n(r, \varphi, t)}{\partial \varphi^2} \right] + b n(r, \varphi, t), \quad (12)$$

которое удовлетворяет начальному условию

$$n(r, \varphi, 0) = f_0(r, \varphi), \quad r_1 \leq r \leq r_2, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi \quad (13)$$

и граничным условиям

$$\begin{aligned} n(r_1, \varphi, t) &= f_1(\varphi, t), \\ n(r_2, \varphi, t) &= f_2(\varphi, t) \\ 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad t \geq 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Легко видеть, что в выражениях (13) и (14) функция $f_0(r, \varphi)$ принадлежит классу, а функции $C([r_1, r_2] \times [0, 2\pi])$ принадлежит классу $C([0, 2\pi] \times [0, \infty))$.

Переформулируем задачи (12) (14) в терминах новой неизвестной функции $\tilde{n}(r, \varphi, t)$, определяемой с помощью соотношения

$$n(r, \varphi, t) = \tilde{n}(r, \varphi, t) \exp(bt). \quad (15)$$

С учётом (12)-(14), (15), дифференциальное уравнение диффузии для новой неизвестной функции $\tilde{n}(r, \varphi, t)$ имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{n}(r, \varphi, t)}{\partial t} &= \\ &= a^2 \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \tilde{n}(r, \varphi, t)}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \tilde{n}(r, \varphi, t)}{\partial \varphi^2} \right], \end{aligned} \quad (16)$$

с начальным условием

$$\begin{aligned} \tilde{n}(r, \varphi, 0) &= f_0(r, \varphi), \\ r_1 \leq r \leq r_2, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \end{aligned} \quad (17)$$

и граничными условиями

$$\begin{aligned} \tilde{n}(r_1, \varphi, t) &= f_1(\varphi, t) \exp(-bt), \\ \tilde{n}(r_2, \varphi, t) &= f_2(\varphi, t) \exp(-bt), \\ 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad t \geq 0. \end{aligned} \quad (18)$$

Нахождение и исследование решения основной (12)-(14) и модифицированной (16)-(18) моделей удобно провести по методу редукции, то есть представить данную задачу как некоторую совокупность более простых заданий, каждое из которых является уточнением предыдущей задачи и основой для формулирования дальнейшей задачи с анализом качественных и количественных оценок и соответствующих практических применений.

В данной работе в качестве первого элемента редукции рассмотрим следующее *вспомогательное задание*: найти решение

$n(r, \varphi, t)$ дифференциального уравнения диффузии бацилл *Unibacillus* в бесконечном бетонном цилиндре в тонком слое вблизи наружной поверхности:

$r_2 - \Delta < r < r_2$, $\frac{\Delta}{r_2} \ll 1$ (вырожденный случай цилиндрической бетонной трубы, когда внутренний диаметр $r_1 \rightarrow +0$)

$$\frac{\partial n(r, \varphi, t)}{\partial t} = a^2 \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial n(r, \varphi, t)}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 n(r, \varphi, t)}{\partial \varphi^2} \right] + b n(r, \varphi, t), \quad (19)$$

удовлетворяющее начальному условию

$$\begin{aligned} n(r, \varphi, 0) &= f_0(r, \varphi) \equiv \\ &\equiv F_{U0}(pH, \Theta, r, \varphi) \end{aligned} \quad (20)$$

$0 \leq r \leq r_2, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi,$

где "U" – символ, означающий тип бацилл *Unibacillus*; pH – переменная водородного показателя; Θ – температура бетона и граничному условию

$$\begin{aligned} n(r_2, \varphi, t) &= 0 \\ 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad t \geq 0. \end{aligned} \quad (21)$$

Модификация (16)-(18) модели (19)-(21) – это дифференциальное уравнение диффузии для новой неизвестной функции $\tilde{n}(r, \varphi, t)$ вида

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{n}(r, \varphi, t)}{\partial t} &= \\ &= a^2 \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \tilde{n}(r, \varphi, t)}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \tilde{n}(r, \varphi, t)}{\partial \varphi^2} \right], \end{aligned} \quad (22)$$

с начальным условием

$$\begin{aligned} \tilde{n}(r, \varphi, 0) &= f_0(r, \varphi) \equiv F_{U0}(pH, \Theta, r, \varphi) \\ 0 \leq r \leq r_2, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \end{aligned} \quad (23)$$

и граничным условием

$$\begin{aligned} \tilde{n}(r_2, \varphi, t) &= 0 \\ 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad t \geq 0 \end{aligned} \quad (24)$$

Для решения дифференциального уравнения диффузии (22) применим метод Фу-

рье. С этой целью представим неизвестную функцию $\tilde{n}(r, \varphi, t)$ в факторизованном виде

$$\tilde{n}(r, \varphi, t) = \eta(r, \varphi) \xi(t), \quad (25)$$

где неизвестная функция $\eta = \eta(r, \varphi)$ зависит только от пространственных переменных (r, φ) , тождественно не равна нулю и принадлежит классу $C^2([0, r_2] \times [0, 2\pi])$, а неизвестная функция $\xi = \xi(t)$ зависит только от временного переменного t , тождественно не равна нулю и принадлежит классу $C^1([0, \infty))$. Подставляя выражение (25) в дифференциальное уравнение (22) и разделяя переменные (r, φ) и t , будем иметь

$$\begin{aligned} \frac{1}{\eta(r, \varphi)} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \eta(r, \varphi)}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \eta(r, \varphi)}{\partial \varphi^2} \right] &= \\ &= \frac{1}{a^2 \xi(t)} \frac{d\xi(t)}{dt} = -\lambda, \quad \lambda > 0. \end{aligned} \quad (26)$$

С учётом (26) легко получить для неизвестной функции $\xi = \xi(t)$ дифференциальное уравнение вида

$$\frac{d\xi(t)}{dt} + \lambda a^2 \xi(t) = 0, \quad (27)$$

а для неизвестной функции $\eta = \eta(r, \varphi)$ дифференциальное уравнение вида

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \eta(r, \varphi)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \eta(r, \varphi)}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \eta(r, \varphi)}{\partial \varphi^2} + \\ + \lambda \eta(r, \varphi) = 0, \quad \lambda > 0, \end{aligned} \quad (28)$$

которая должна, на основании (24), (25), удовлетворять дополнительному условию

$$\eta(r_2, \varphi) = 0, \quad 0 \leq \varphi \leq 2\pi, \quad (29)$$

а также условию ограниченности

$$|\eta(0, \varphi)| < \infty, \quad (30)$$

и условию периодичности по отношению к циклическому переменному φ

$$\eta(r, \varphi) = \eta(r, \varphi + 2\pi). \quad (31)$$

Задача (26)-(29) называется задачей Штурма-Лиувилля для функции $\eta = \eta(r, \varphi)$.

Следуя схеме метода Фурье, представим функцию $\eta(r, \varphi)$ в виде

$$\eta(r, \varphi) = R(r)\Phi(\varphi). \quad (32)$$

После подстановки предполагаемой формы решения (30) в дифференциальное уравнение (26) и разделения переменных r и φ получим

$$\frac{1}{R(r)} r \frac{d}{dr} \left(r \frac{dR(r)}{dr} \right) + \lambda r^2 = -\frac{1}{\Phi} \frac{d^2 \Phi}{d\varphi^2} = \nu^2. \quad (33)$$

Анализ соотношения (31) приводит к двум обыкновенным дифференциальным уравнениям:

для функции $\Phi(\varphi)$

$$\begin{aligned} \frac{d^2 \Phi(\varphi)}{d\varphi^2} + \nu^2 \Phi(\varphi) &= 0, \\ \Phi(\varphi) &= \Phi(\varphi + 2\pi), \\ \frac{d\Phi(\varphi)}{d\varphi} &= \frac{d\Phi(\varphi + 2\pi)}{d\varphi} \end{aligned} \quad (34)$$

и для функции $R(r)$

$$\begin{aligned} \frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dR(r)}{dr} \right) + \left(\lambda - \frac{\nu^2}{r^2} \right) R(r) &= 0, \quad (35) \\ R(r_2) &= 0, \quad |R(0)| < \infty. \end{aligned}$$

Легко видеть, что периодическое решение дифференциального уравнения (34), которое тождественно не равно нулю, существует только при условии

$$\nu = n, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (36)$$

и определяется формулой

$$\Phi_n(\varphi) = C_{1n} \cos n\varphi + C_{2n} \sin n\varphi, \quad (37)$$

где $\cos n\varphi$ и $\sin n\varphi$ есть две линейно независимые собственные функции, принадлежащие собственному значению $\nu^2 = n^2$.

Учитывая равенство (36) перепишем дифференциальное уравнение (35) в форме

$$\begin{aligned} \frac{d^2 R(r)}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dR(r)}{dr} + \left(\lambda - \frac{n^2}{r^2} \right) R(r) &= 0, \quad (38) \\ R(r_2) &= 0, \quad |R(+0)| < \infty. \end{aligned}$$

Дифференциальное уравнение (38) может быть сведено к уравнению цилиндрических функций с помощью введения нового переменного

$$z = \sqrt{\lambda} r, \quad 0 \leq r \leq r_2 \quad (39)$$

и последующего определения

$$U(z) \equiv R\left(\frac{z}{\sqrt{\lambda}}\right) = R(r). \quad (40)$$

Для функции $U(z)$ (40), на основании (38), получим искомое уравнение цилиндрических функций

$$\frac{d^2 U(z)}{dz^2} + \frac{1}{z} \frac{dU(z)}{dz} + \left(1 - \frac{n^2}{z^2} \right) U(z) = 0 \quad (41)$$

с дополнительными условиями

$$U(z_2) = 0, \quad z_2 = \sqrt{\lambda} r_2, \quad |U(0)| < \infty. \quad (42)$$

Выпишем общее решение уравнения цилиндрических функций (41)

$$U(z) = A_1 J_n(z) + A_2 N_n(z), \quad (43)$$

где A_1, A_2 – произвольные постоянные; $J_n(z)$, $N_n(z)$ – соответственно функция Бесселя и функция Неймана n -го порядка.

Имея в виду, что асимптотическое поведение при $z \rightarrow +0$ функции Бесселя имеет вид $J_0(+0) = 1 \neq 0$, $J_n(z) \approx z^n$, $n > 0$, а функция Неймана стремится к бесконечности $N_0(z) \approx \ln \frac{1}{z}$, $N_n(z) \approx \frac{1}{z^n}$, $n > 0$, необходимо в равенстве (43) положить $A_2 = 0$.

Таким образом, частные решения уравнения цилиндрических функций (41) имеют вид

$$U(z) = J_n(z), \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (44)$$

Используя формулу (44), а также первое из дополнительных условий (42), получаем

$$J_n(\sqrt{\lambda} r_2) = 0, \quad \lambda > 0. \quad (45)$$

Полагая в уравнении (45) $\mu \equiv \sqrt{\lambda} r_2$, будем иметь

$$J_n(\mu) = 0, \quad \mu = \mu_m^{(n)}, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \quad m = 1, 2, 3, \dots \quad (46)$$

где $\mu_m^{(n)}$ – m-ый корень равенства (46), $\mu_1^{(n)} < \mu_2^{(n)} < \dots$.

На основе (46) легко выписать явное выражение для собственных чисел задачи Штурма-Лиувилля (38)

$$\lambda = \lambda_{n,m} = \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} \right)^2, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \\ m = 1, 2, 3, \dots, \quad (47) \\ \lambda_1^{(n)} < \lambda_2^{(n)} < \dots$$

Собственным числам (47) относятся собственные функции $R_{n,m}(r)$, как решение дифференциального уравнения (38), в виде

$$R_{n,m}(r) = U(\sqrt{\lambda_{n,m}} r) = J_n \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} r \right). \quad (48)$$

Легко показать, что функции (48) ортогональны с весом r , то есть

$$\int_0^{r_2} r J_n \left(\frac{\mu_{m_1}^{(n)}}{r_2} r \right) J_n \left(\frac{\mu_{m_2}^{(n)}}{r_2} r \right) dr = \\ = \delta_{m_1 m_2} \frac{r_2^2}{2} [J'_n(\mu_{m_1}^{(n)})]^2, \quad (49)$$

где $\delta_{m_1 m_2}$ – символ Кронекера. На основе (49) можно вычислить норму $\|R_{n,m}\|$ функции $R_{n,m}(r)$ (48)

$$\|R_{n,m}\|^2 = \frac{r_2^2}{2} [J'_n(\mu_m^{(n)})]^2. \quad (50)$$

Для случая радиальной симметрии, когда $n = 0$, с помощью (50) получаем

$$\|R_{0,m}\|^2 = \frac{r_2^2}{2} [J_1(\mu_m^{(0)})]^2, \quad (51)$$

где $\mu_m^{(0)}$ – корни трансцендентного уравнения

$$J_0(\mu) = 0, \quad \mu = \mu_m^{(0)}, \quad m = 1, 2, 3, \dots, \quad (52) \\ \mu_1^{(0)} < \mu_2^{(0)} < \dots$$

Приведём несколько значений для корней $\mu_m^{(0)}$ (52)

$$\mu_1^{(0)} = 2,4048, \quad \mu_2^{(0)} = 5,5201, \quad \mu_3^{(0)} = 8,6537. \quad (53)$$

Выпишем, учитывая равенства (32), (37), (48), собственные решения задачи (28), принадлежащих собственному значению (47)

$$\eta_{n,m}^{(1)}(r, \varphi) = J_n \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} r \right) \cos n\varphi, \quad (54) \\ \eta_{n,m}^{(2)}(r, \varphi) = J_n \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} r \right) \sin n\varphi.$$

Таким образом, частное решение задачи (28) будет иметь вид линейной комбинации собственных решений (54), то есть

$$\eta_{n,m}(r, \varphi) = J_n \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} r \right) \cdot (C_{n,m} \cos n\varphi + D_{n,m} \sin n\varphi) \quad (55)$$

Заметим, что собственные функции (54) ортогональны с весом r и имеют одинаковую норму

$$\|\eta_{n,m}^{(1)}\| = \|\eta_{n,m}^{(2)}\| = \begin{cases} \pi \frac{r_2^2}{2} [J'_0(\mu_m^{(0)})]^2, & n = 0, \\ \pi \frac{r_2^2}{2} [J'_n(\mu_m^{(n)})]^2, & n \neq 0. \end{cases} \quad (56)$$

Далее, решение линейного дифференциального уравнения первого порядка (27), соответствующее собственному значению (47), имеет вид

$$\xi_{n,m}(t) = \exp(-\lambda_{n,m} a^2 t). \quad (57)$$

Структура частного решения модифицированного дифференциального уравнения диффузии (22), с учётом (25), (47), (55), (57), даётся равенством

$$\begin{aligned} \tilde{n}_{n,m}(r, \varphi, t) = \\ = \exp \left[-a^2 \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} \right)^2 t \right] J_n \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} r \right) \times \\ \times (C_{n,m} \cos n\varphi + D_{n,m} \sin n\varphi) \end{aligned} \quad (58)$$

Решение дифференциального уравнения диффузии (22) будем находить в форме, которая характерна общему принципу суперпозиции

$$\begin{aligned} \tilde{n}(r, \varphi, t) = \sum_{n,m} \tilde{n}_{n,m}(r, \varphi, t) = \\ = \sum_{n,m} \exp \left[-a^2 \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} \right)^2 t \right] \times \\ \times (C_{n,m} \eta_{n,m}^{(1)}(r, \varphi) + D_{n,m} \eta_{n,m}^{(2)}(r, \varphi)). \end{aligned} \quad (59)$$

Используя начальное условие (23), найдем явное выражение для коэффициентов $C_{n,m}$, $D_{n,m}$ в формуле (59).

Таким образом

$$\begin{aligned} \tilde{n}(r, \varphi, 0) = f_0(r, \varphi) = \\ = \sum_{n,m} (C_{n,m} \eta_{n,m}^{(1)}(r, \varphi) + \\ + D_{n,m} \eta_{n,m}^{(2)}(r, \varphi)), \end{aligned} \quad (60)$$

где

$$\begin{aligned} C_{n,m} = C_{n,m}(pH, \Theta) = \\ = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{r_2} F_{U0}(pH, \Theta, r, \varphi) J_n(\sqrt{\lambda_{n,m}} r) \cos n\varphi dr d\varphi}{\frac{\pi r_2^2}{2} \varepsilon_n [J'_n(\sqrt{\lambda_{n,m}} r_2)]^2}, \end{aligned} \quad (61)$$

$$\begin{aligned} D_{n,m} = D_{n,m}(pH, \Theta) = \\ = \frac{\int_0^{2\pi} \int_0^{r_2} F_{U0}(pH, \Theta, r, \varphi) J_n(\sqrt{\lambda_{n,m}} r) \sin n\varphi dr d\varphi}{\frac{\pi r_2^2}{2} \varepsilon_n [J'_n(\sqrt{\lambda_{n,m}} r_2)]^2}. \end{aligned} \quad (62)$$

В формулах (61), (62) величина

$$\varepsilon_n = \begin{cases} 2, & n = 0, \\ 1, & n \neq 0. \end{cases}$$

С помощью равенств (9), (15), (54), (58), (61), (62), окончательно выпишем решение вспомогательного задания (а) (19)

$$\begin{aligned} n(r, \varphi, t) = \sum_{n,m} \exp \left[\left(\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r} \right)^2 \right) t \right] J_n \left(\frac{\mu_m^{(n)}}{r_2} r \right) \times \\ \times (C_{n,m} \cos n\varphi + D_{n,m} \sin n\varphi) \end{aligned} \quad (63)$$

Заметим, что вспомогательное задание (а) (19)-(21) допускает возможность упрощения, связанного с предположением о радиальной симметрии процесса диффузии бацилл *Unibacillus*, когда неизвестная функция $n(r, \varphi, t)$ не зависит от переменного φ , т.е. $n(r, \varphi, t) \equiv n(r, t)$. Формализация этого предположения обеспечивается значением $n = 0$ в формуле (63)

$$n(r, t) = \sum_m C_{0,m} \exp \left[\left(\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_m^{(0)}}{r_2} \right)^2 \right) t \right] J_0 \left(\frac{\mu_m^{(0)}}{r_2} r \right), \quad (64)$$

где $C_{0,m}$ – коэффициенты даются равенством на основе (61),

$$C_{0,m} = C_{0,m}(pH, \Theta) = \frac{\int_0^{r_2} F_{U0}(pH, \Theta, r) J_0 \left(\frac{\mu_m^{(0)}}{r_2} r \right) r dr}{\frac{r_2^2}{2} [J_1(\mu_m^{(0)})]^2}, \quad (65)$$

где c – коэффициент пористости бетона; D – коэффициент диффузии бацилл; γ – коэффициент размножения бацилл.

Найдём решение дифференциального уравнения (6) для концентрации серной кислоты (5) $n_{s.a.} = n_{s.a.}(r, t)$ в плоском радиально симметричном случае, используя соотношение (64)

$$\begin{aligned} n_{s.a.}(r, t) = \sum_m \frac{C_{0,m}(pH, \Theta)}{\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_m^{(0)}}{r_2} \right)^2} \times \\ \times \left(\exp \left[\left(\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_m^{(0)}}{r_2} \right)^2 \right) t \right] - 1 \right) J_0 \left(\frac{\mu_m^{(0)}}{r_2} r \right). \end{aligned} \quad (66)$$

Анализ закона (64), с учётом формулы (52), приводит к выводу, что при выполнении неравенства

$$\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} \right)^2 > 0 \quad (67)$$

процесс размножения бацилл *Unibacillus* носит характер *цепной реакции* с асимптотическим поведением вида

$$n(r, t) \approx C_{0,1}(pH, \Theta) \exp \left[\left(\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} \right)^2 \right) t \right] J_0 \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} r \right), \quad (68)$$

$t \rightarrow +\infty$

где c – коэффициент пористости бетона определяется равенством (22) в [14]

$$c \equiv \Delta v_{cap} = \pi r^2(T) \bar{n}_e(T) n_{1a} \sqrt{n_{1a}} \left[\frac{1}{n_{1a}^{3/2}} - \frac{4}{3} \pi r_{col}^3(T) \right], \quad (68')$$

а величины $r_{col}(T)$, $\bar{n}_e(T)$ определяются соответственно формулами (2.20), (2.31).

Критическое значение внешнего радиуса r_{2cr} бесконечной цилиндрической трубы T_u , начиная с которого процесс размножения бацилл определяется законом (68), удовлетворяет равенству

$$\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_{2cr}} \right)^2 = 0. \quad (69)$$

Таким образом, на основе (69), получаем

$$r_{2cr} = \mu_1^{(0)} \sqrt{\frac{D}{\gamma}}. \quad (70)$$

Когда внешний радиус r_2 бесконечной цилиндрической трубы T_u такой, что

$$r_2 < r_{2cr} = \mu_1^{(0)} \sqrt{\frac{D}{\gamma}}, \quad (71)$$

то в теле бетона происходит процесс гибели начальной популяции бацилл *Unibacillus*, который тоже исследуется на уровне формулы (68).

Таким образом, учитывая фундаментальную роль параметра r_{2cr} (70), можно

утверждать, что теоретическое и прикладное значение формулы (68) имеет в достаточно малой окрестности точки $r_2 = r_{2cr}$, $r_2 \in (r_{2cr} - \Delta, r_{2cr} + \Delta) \setminus \{0\}$.

Имея в виду прикладные аспекты данной модели, приведём количественную оценку функции концентрации серной кислоты (66) на промежутке $r_2 \in (r_{2cr} - \Delta, r_{2cr} + \Delta) \setminus \{0\}$. Легко видеть, что при $r_2 \rightarrow r_{2cr} \pm 0$ поведение функции $n_{s.a.}(r, t)$ определяется первым членом ряда (66)

$$n_{s.a.}(r, t) \approx \mathcal{G}(pH, \Theta) \frac{C_{0,1}(pH, \Theta)}{\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} \right)^2} \times \left(\exp \left[\left(\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} \right)^2 \right) t \right] - 1 \right) J_0 \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} r \right), \quad (72)$$

$r_2 \rightarrow r_{2cr} \pm 0$.

Если в (72) параметр принимает значение

$$t = t(r_2) \equiv \frac{1}{\left| \frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} \right)^2 \right|}, \quad (73)$$

то количественная оценка функции концентрации серной кислоты $n_{s.a.}[r, t(r_2)]$ (72) даётся соотношением

$$n_{s.a.}[r, t(r_2)] \approx \mathcal{G}(pH, \Theta) \frac{C_{0,1}(pH, \Theta)}{\frac{\gamma}{c} - \frac{D}{c} \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} \right)^2} \times (\exp(\pm 1) - 1) J_0 \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} r \right) \rightarrow +\infty, \quad (74)$$

$r_2 \rightarrow r_{2cr} \pm 0$,

то есть, функция неограниченно возрастает, что способствует медлительной биодеструкции бетона в течение периода времени $[0, t(r_2)]$.

Если в формуле (72) параметр t приобретает произвольное фиксированное зна-

чение, то асимптотическое поведение функции $n_{s.a.}(r, t)$ имеет вид

$$n_{s.a.}(r, t) \approx \vartheta(pH, \Theta) C_{0,1}(pH, \Theta) t J_0 \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} r \right), \quad (75)$$

$$r_2 \rightarrow r_{2cr}.$$

Формула (75) является базовой для изучения скорости разрушения бетонных конструкций в канализационных системах – она позволяет исследовать иерархию момента времени $t^{(k)}$, $k=1,2,3$, которые характеризуют соответствующие степени разрушения единицы объёма бетонной трубы Т с помощью равенства (8). С этой целью найдём среднее значение $\langle n_{s.a.} \rangle$

функции $n_{s.a.}(r, t)$

$$\frac{\vartheta(pH, \Theta) \int_{r_1}^{r_2} r dr \int_0^t dt \vartheta C_{0,1}(pH, \Theta) t J_0 \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_2} r \right)}{\pi (r_2^2 - r_1^2) \int_0^t dt \int_{r_1}^{r_2} r dr} \xrightarrow{r_1 \rightarrow +0, r_2 \rightarrow r_{2cr}} \frac{\vartheta(pH, \Theta) C_{0,1}(pH, \Theta) \Gamma(r_{2cr})}{r_{2cr}^2} t = \langle n_{s.a.} \rangle, \quad (76)$$

где величины $C_{0,1}(pH, \Theta)$, $\Gamma(r_{2cr})$ определяются равенствами

$$C_{0,1} = C_{0,1}(pH, \Theta) = \frac{\int_0^{r_{2cr}} F_{U0}(pH, \Theta, r) J_0 \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_{2cr}} r \right) r dr}{\frac{r_{2cr}^2}{2} [J_1(\mu_1^{(0)})]^2}, \quad (77)$$

$$\Gamma(r_{2cr}) = \int_0^{r_{2cr}} r J_0 \left(\frac{\mu_1^{(0)}}{r_{2cr}} r \right) dr. \quad (78)$$

На основании формул (8), (76), легко найти явное выражение для моментов времени $t^{(k)}$, $k=1, 2, 3$

$$t^{(k)} = t^{(k)}(pH, \Theta) = \frac{r_{2cr}^2}{\vartheta(pH, \Theta) C_{0,1}(pH, \Theta) \Gamma(r_{2cr})} n^{(k)}, \quad k=1,2,3. \quad (79)$$

Выпишем, с помощью (79), количественное значение временного параметра *полного* разрушения бетона $t_{des} \equiv t^{(3)}$

$$t_{des} = t_{des}(pH, \Theta) = \frac{r_{2cr}^2}{\vartheta(pH, \Theta) C_{0,1}(pH, \Theta) \Gamma(r_{2cr})} n^{(3)}. \quad (80)$$

Выводы. В работе на модельном уровне проведено последовательное исследование процесса биокоррозии бетонных труб канализационных систем, начиная с момента заселения тела бетона *унифицированной* популяцией бацилл *Unibacillus*, которые имеют общие свойства микроорганизмов-биодеструкторов, и заканчивая описанием полного разрушения бетона. При этом основное внимание было акцентировано на пространственно-временных факторах процесса биодеструкции, которые определяют качественно различные этапы размножения бацилл в достаточно малой окрестности критической величины внешнего радиуса бетонной цилиндрической трубы T_{II} : $r_2 = r_{2cr}$, $r_2 \in (r_{2cr} - \Delta, r_{2cr} + \Delta) \setminus \{0\}$, то есть, у поверхностного слоя толщиной 2Δ , что исключало влияние внутренней поверхности трубы: в данной модели это требование было реализовано с использованием граничного перехода для внутреннего радиуса трубы $r_1 \rightarrow +0$. Существование параметра Δ делает возможным применение технологии флюатирувания на промежутке $r_2 \in (r_{2cr} - \Delta, r_{2cr} + \Delta) \setminus \{0\}$ и задаёт границу использования арматурного каркаса вне среды жизнедеятельности железо разрушающих тиобацилл.

Библиографический список

1. Jensen H.S. et al. Growth kinetics of hydrogen sulfide oxidizing bacteria in corroded concrete from sewers / H.S. Jensen et al. // J. Hazardous Materials. — 2011. — № 198. — P. 685–691.
2. Zhang L. et al. Chemical and biological technologies for hydrogen sulphide emission control in sewer systems / L. Zhang et al. // A review. Water Research. — 2008. — № 42. — P. 1–12.
3. Islander R. et al. Microbial Ecology of Crown Corrosion in Sewers / R. Islander et al. // J. Environ. Eng. — 1991. — № 117. — P. 751–770.

4. Nica D. et al. Isolation and characterization of microorganisms involved in the biodeterioration of concrete in sewers / D. Nica et al. // *International Biodeterioration & Biodegradation*. — 2000. — № 46. — P. 61–68.

5. Hernandes M. et al. In situ assessment of active *Thiobacillus* species in corroding concrete sewers using fluorescent RNA probes / M. Hernandes et al. // *International Biodeterioration & Biodegradation*. — 2002. — № 49. — P. 271–276.

6. Vollertsen J. et al. Corrosion of concrete sewers – the kinetics of hydrogen sulfide oxidation / J. Vollertsen et al. // *Science of the Total Environment*. — 2008. — № 39. — P. 162–170.

7. Дрозд Г. Я. Повышение биологической стойкости канализационных бетонных труб физико-химическим методом / Г. Я. Дрозд, М. Ю. Хвортова // *Вода и экология. Проблемы и решения*. — 2014. — № 3(59). — С. 63–70.

8. Дрозд Г. Я. Коррозия бетонных канализационных труб / Г. Я. Дрозд, М. Ю. Хвортова // *Научно-практический журнал «Агротехника и энергообеспечение»*. — 2015. — № 2 (6). — С. 76.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Института архитектуры, строительства и ЖКХ ЛГУ им. Даля Андрійчуком Н.Д., к.т.н., доц. ДонГТУ Бондарчуком В.В.

Статья поступила в редакцию 09.11.15.

к.т.н. Хвортова М. Ю., д.т.н. Дрозд Г. Я., к.т.н. Буряк В. Г. (ІБАіЖКГ ЛДУ ім. В. Даля, м. Луганськ, ЛНР), д.т.н. Братчун В. І. (ДонНАБА, м. Макіївка, ДНР)

ЕФЕКТИВНИЙ СПОСІБ ЗАХИСТУ ВІД БІОХІМІЧНОЇ КОРОЗІЇ БЕТОННИХ ТРУБ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Виконано дослідження впливу загальних чинників на формування і розвиток нестационарного процесу біокорозії бетонних виробів, експлуатація яких відбувається в умовах розмноження мікроорганізмів-біодеструкторів на тлі пористої структури бетону за схемою ланцюгової реакції в межах аеробної - рідинного поживного середовища з опосередкованим обліком змінного водневого показника рН. Дана кількісна оцінка величини граничного діаметру бетонної труби, яка визначає, залежно від біохімічних, біофізичних і технологічних параметрів процесу біодеструкції, початок ланцюгової мікробіологічної реакції. Отримані результати дозволяють безпосередньо впливати на технологію виробництва засобів захисту бетонних труб з мінімально раціональною товщиною стілки за наявності арматурного каркаса (зокрема, застосування технології флюатування).

Ключові слова: біокорозія, бетон, каналізаційний колектор, біодеструкція, флюатування.

PhD in Engineering Khvortova M.Y., Dr. Tech. Sci. Drozd G.Ya., PhD in Engineering Buryak V.G. (ISAandZhKKh LGU im.V.Dalia, Lugansk, LPR), Dr.Tech.Sci. Bratchun V.I. (DonNABA, Makeievka, DNR)

AN EFFICIENT PROTECTIVE METHOD FROM BIOCHEMICAL CORROSION OF CONCRETE PIPES IN SEWAGE SYSTEM

Studying the common influential factors on formation and nonstationary biocorrosion process of concrete products was made, which operation is under conditions of reproduction of microorganisms-biodestructures within honeycomb concrete by chain-type reaction in anaerobic liquid nutrient environment with mediated account of pH factor. The quantitative assessment of extremal diameter size of concrete pipe, which determines the beginning of microbiological chain reaction depending on biochemical, biophysical and technological parameters in biodestruction process. Obtained results provide direct impact onto production technology of protective means for concrete pipes with minimum reasonable wall thickness if the reinforcement cage is included (in particular, using the silicofluoride treatment).

Key words: biocorrosion, concrete, sewage header, biodestruction, silicofluoride treatment.

УДК 69:624.131.43

к.т.н. Карапетян С.Х.,
к.т.н. Емец Е.В.,
Коняшкина О.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОДНОКРАТНЫХ И ПОВТОРНЫХ НАГРУЖЕНИЯХ

Приведены конечно-элементные модели для определения несущей способности внецентренно сжатых железобетонных элементов при однократных и повторных нагрузках. Полученные на моделях результаты расчетов сравниваются с данными натурных экспериментов.

Ключевые слова: бетон, железобетон, внецентренное сжатие, прочность, деформации, повторные нагрузки, количество циклов нагружений, напряженно-деформированное состояние, конечно-элементная модель

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Железобетонные сжатые элементы, находящиеся в условиях повторных нагрузок, как показывают экспериментальные исследования, имеют определенные особенности деформирования и разрушения, не учитываемые в современных нормах проектирования. Задача учета указанных особенностей (с целью надежного прогнозирования работы и оценки долговечности конструкций) на сегодня является актуальной.

Одним из путей решения указанной задачи является совершенствование методов расчета железобетонных конструкций, основанных на учете реальных законов деформирования материалов, полученных экспериментально при повторных нагрузках.

Однако экспериментальные исследования железобетонных конструкций материалоемки и требуют больших трудозатрат, поэтому построение математических моделей конструкций и численные эксперименты - актуальное и перспективное направление исследований [12].

Вопросам влияния малоцикловых нагрузок на несущую способность вне-

центренно сжатых элементов посвящено много работ [2, 4, 5, 9, 10, 11 и др.]. Однако в большинстве из них рассматриваются стержни с малой гибкостью $\lambda \leq 6$, т.е. без учета влияния продольного изгиба. В приведенных работах установлены: влияния количества циклов повторных нагружений и величины начальных эксцентриситетов на напряженно - деформированное состояние, а также характер разрушения образцов. Кроме того, следует отметить, что исследования влияния повторных нагружений высокого уровня на несущую способность и устойчивость внецентренно сжатых элементов средней и большей гибкости ($\lambda \geq 18$) практически отсутствуют.

В работе [5] приведены результаты экспериментальных исследований несущей способности внецентренно сжатых железобетонных стоек средней гибкости при многократно повторных нагрузках. Верхний уровень нагружений стоек принимался равным $\eta_B = 0,85$, коэффициент асимметрии циклов $\rho = 0,1$. Рассматривались железобетонные шарнирно закрепленные стойки, длиной 100 см (105 см – между центрами шарниров) прямоугольного поперечного сечения размером

60×120 мм с симметричным армированием четырьмя продольными стержнями диаметром 6мм и поперечной арматурой диаметром 3мм. Гибкость стоек в плоскости наименьшей жесткости составляла $\lambda = 16,7$ ($\lambda = 17,5$), а эксцентриситет приложения нагрузки – 10 мм.

В результате экспериментальных исследований [5] установлено влияние уровня повторных нагружений на несущую способность, деформативность (снижение модуля упругости бетона, увеличение начального эксцентриситета приложения нагрузки) и характер разрушения стоек.

Постановка задачи.

Основной целью численных исследований явилось определение несущей способности внецентренно сжатых железобетонных шарнирно закрепленных стоек, рассмотренных в работе [5]. При этом были поставлены следующие задачи: исследование напряженно-деформированного состояния стоек с использованием базовых диаграмм деформирования материала “ $\sigma - \varepsilon$ ” при однократных нагружениях и трансформированных (уточненных по сравнению с аналогичными, приведенными в работе [12]), учитывающих изменение физико-механических свойств бетона (снижение модуля упругости бетона E_b) при повторных нагружениях; определение предельной нагрузки в зависимости от степени снижения модуля упругости $E_b(n)$ бетона, а также увеличения начального эксцентриситета вследствие изменения геометрии стоек (искривление стержня) за счет остаточных прогибов при повторных нагружениях.

Изложение материала и его результаты.

Моделирование и расчет стоек выполнены с помощью программного комплекса ПК “ЛИРА” [3,7] методом конечных элементов (МКЭ).

Расчеты, как и в [12] выполнены на двух типах конечно-элементных моделей стоек (рис. 1, а, б):

- первый тип – стержневая аппроксимация, т.е. в модели стойки использованы

только физически и геометрически нелинейные стержневые элементы (рис. 1, а);

- второй тип – аппроксимация объемными элементами. В этой модели бетон моделировался физически нелинейными объемными элементами, а арматура – геометрически нелинейными стержневыми элементами (рис. 1, б).

Нагрузка, как и в натурном эксперименте [5], задавалась в концевых сечениях стойки с эксцентриситетом, равным 10 мм в плоскости наименьшей жесткости стойки.

Моделирование увеличения эксцентриситета приложения нагрузки (в пределах от 10 мм до 15 мм), вызванного повторными нагружениями (за счет остаточных прогибов) выполнялось двумя способами:

для первой модели – увеличением начального эксцентриситета приложения нагрузки без изменения геометрической схемы стойки;

для второй модели – заданием начальной кривизны оси стойки до приложения нагрузки.

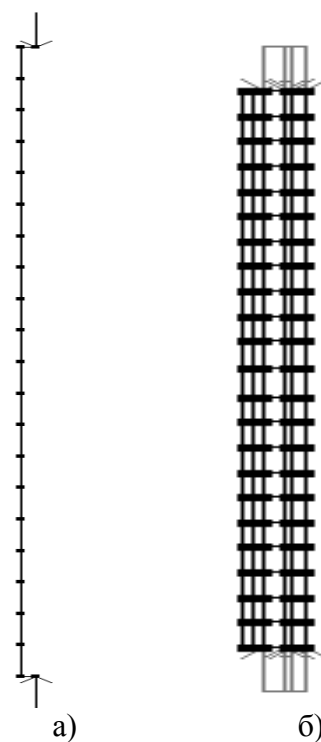


Рисунок 1 – Конечно - элементные модели стоек: а – первая модель; б – вторая модель

Для описания диаграмм деформирования “ $\sigma - \varepsilon$ ” основного и армирующего материалов стоек при однократном нагружении использован экспоненциальный закон. Значения напряжений и деформаций для основного материала (см. табл. 1) на сжатие, а также модуль упругости и предел текучести арматуры задавались на основе диаграмм деформирования, полученных при испытании бетонных призм, железобетонных коротышей и арматурных стержней [5], а на растяжение для бетона – по эмпирическим формулам, приведенным в [6]. Модуль упругости основного материала стоек в условиях повторных нагружений (табл. 1) задавался на основе деформационных кривых, полученных на циклах, предшествующих разрушению при испытании бетонных призм [8] с учетом результатов испытаний основных и вспомогательных образцов, приведенных в [5]. Диаграмма арматуры “ $\sigma - \varepsilon$ ” при этом не корректировалась, так как ее пределы текучести и модуль упругости при уровнях повторных малоцикловых нагружений до $\sigma_{s, cyc} = 0,97 R_s$ практически не изменяются [1].

Сравнение значений максимальных нагрузок и прогибов, полученных на моделях стоек с аналогичными данными, получен-

ными в результате натурных экспериментов, приведено в таблице 2. Как видно из таблицы, численные значения несущей способности на обеих моделях и прогибов на второй модели при однократном нагружении хорошо согласуются с опытными данными. Прогибы, определенные в расчете по сравнению с опытными данными согласуются хуже, что объясняется не учётом накопления пластических деформаций в численном эксперименте.

Выводы и направление дальнейших исследований.

На основе численных исследований выполнена оценка несущей способности внецентренно сжатых железобетонных трансформированных (с пониженными значениями модуля упругости бетона) диаграмм деформирования. Хорошее совпадение сравниваемых величин (по несущей способности) как и в [12] позволяет говорить о надежности предлагаемых моделей и возможности их использования для определения несущей способности сжатых железобетонных элементов при малоцикловых нагружениях

Таблица 1 – Прочностные и деформативные характеристики бетона стоек при однократных (режим 1) и повторных нагружениях (режим 2)

Режим нагружения	E_0^- , МПа	E_0^+ , МПа	σ_{np}^- , МПа	σ_{np}^+ , МПа	ε_{np}^-	ε_{np}^+	ν
1	31485	31485	26,4	2,06	0,002	0,00014	0,2
2	22040	22040	26,4	2,06	0,002	0,00014	0,2

Таблица 2 – Сопоставление результатов натурных и численных экспериментов

Режим нагружения стоек	Натурный эксперимент		Численный эксперимент и сравнение с натурным экспериментом							
			Первая модель				Вторая модель			
	P , кН	f , мм	P , кН	f , мм	ΔP , %	Δf , %	P , кН	f , мм	ΔP , %	Δf , %
1	115,5	7,63	123,0	2,69	6,5	64,74	127,3	5,08	10,2	33,42
2	100,9	11,78	99,14	7,59	1,74	35,57	111,5	10,19	10,5	13,49

Примечание: значения несущей способности и прогибов стоек для режима 2 соответствуют среднему значению, полученному при циклах, предшествующих разрушению стоек.

Библиографический список

1. Бабич В. Є. Напружено-деформований стан і міцність нерозрізних залізобетонних балок при одноразових та повторних навантаженнях: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01 / В. Є. Бабич. — Полтава: 2005. — 20 с.
2. Борисюк О. П. Зміна напружено-деформованого стану перерізів керамзитозалізобетонних елементів під дією малоциклових навантажень / О. П. Борисюк // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції “Совершенствование строительных материалов, технологий и методов расчета конструкций в новых экономических условиях”. — Сумы, 1994. — С. 244–245.
3. Верюжский Ю. В. Компьютерные технологии проектирования железобетонных конструкций: курсовое проектирование / Ю. В. Верюжский, В. И. Колчунов, М. С. Барабаш, Ю. В. Гензерский. — К., 2006. — 804 с.
4. Казачек В. Г. Несущая способность и деформативность гибких сжато-изогнутых преднапряженных железобетонных элементов при кратковременном однократном и повторном нагружении: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01 / В. Г. Казачек. — М., 1980. — 21 с.
5. Карапетян С. Х. Результаты экспериментальных исследований влияния многократно повторных нагружений на несущую способность внецентренно сжатых стоек / С. Х. Карапетян, А. И. Давиденко, А. П. Иванов, В. В. Псюк // Зб. наук. праць. : Будівельні конструкції. — К. : НДІБК, 2005. — вип. 62. — Т. 1. — С. 131–136.
6. Бамбура А. Н. Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона / А. Н. Бамбура, В. Я. Бачинский, Н. В. Журавлева, И. Н. Пешкова. — К., 1987. — 24 с.
7. Городецкий А. С. ПК ЛИРА. Версия 9.0. Программный комплекс для расчета и проектирования конструкций: справочно-теоретическое пособие. — К.–М., 2003. — 472 с.
8. Подобенко Т. Н. Напряженно-деформированное состояние железобетонных изгибаемых элементов при кратковременных повторных нагружениях: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.23.01 / Т. Н. Подобенко. — К., 1991. — 17 с.
9. Пухонто Л. М. Совершенствование колонн подсилованных этажей зерновых элеваторов / Л. М. Пухонто, Ф. К. Джха // Бетон и железобетон. — 1992. — № 1. — С. 9–10.
10. Чирва Т. Л. Визначення міцності позацентрово стиснутих елементів при небогатоповторному навантаженні / Т. Л. Чирва, В. Н. Чирва // Науково-практичні проблеми сучасного залізобетону: Зб. тез. : “Перша всеукраїнська науково-технічна конференція”. — К., 1996. — С. 214–216.
11. Яковлев С. К. Работа внецентренно сжатых бетонных элементов при повторно статическом нагружении / С. К. Яковлев, Н. П. Бащенко, М. И. Белкин // Бетон и железобетон. — 1992. № 8. — С. 21–22.
12. Карапетян С. Х. Численное определение несущей способности железобетонных внецентренно сжатых стоек при однократных и многократно повторных нагружениях / С. Х. Карапетян, П. Н. Кирьязов, В. В. Псюк // Зб. наук. праць. : Будівельні конструкції. — К. : НДІБК, 2007. — вип. 66. — С. 352–358.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. Института архитектуры,
строительства и ЖКХ ЛГУ им. Даля Андрійчуком Н.Д.,
к.т.н., доц. ДонГТУ Бондарчуком В.В.**

Статья поступила в редакцию 13.11.15.

**к.т.н. Карапетян С. Х., к.т.н. Ємець О. В., Коняшкіна О. А. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПОЗАЦЕНТРОВО
СТИСНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ ОДНОРАЗОВИХ ТА ПОВТОРНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ**

Запропоновано скінчено-елементні моделі для визначення несучої здатності позацентрово стиснутих залізобетонних елементів при одноразових і небагаторазово повторних навантаженнях. Результати, які отримано в розрахунках на моделях, порівнюються з результатами експериментів.

Ключові слова: бетон, залізобетон, позацентрове стиснення, міцність, деформації, повторні навантаження, кількість циклів навантажень, напружено-деформований стан, скінчено-елементні моделі.

PhD in Engineering Karapetyan S.Kh., PhD in Engineering Yemets E.V., Koniashkina O.A.
(DonSTU, Alchevsk, LPR)

NUMERICAL INVESTIGATIONS OF BEARING CAPACITY OF REINFORCED CONCRETE OFF-CENTER COMPRESSED ELEMENTS UNDER SINGLE AND REPEATED LOAD

The finite-element models for determining bearing capacity of reinforced concrete off-center compressed elements under single and repeated load are shown. Obtained calculated results are being compared with data of full-scale experiments.

Key words: concrete, reinforced concrete, off-center compression, strength, strains, repeated load, quantity of load cycles, stress-strain state, finite-element model.

УДК 624.04

к.т.н. Фетисова М.А.
(ФГБОУ ВПО ОрелГАУ, г. Орел, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ФОРМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПРОГИБА ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИНОК С КОМБИНИРОВАННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

В статье на нескольких примерах показано, что с помощью метода интерполяции по коэффициенту формы можно достаточно просто определять величину максимального прогиба прямоугольных пластинок со сложными граничными условиями, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой.

Ключевые слова: аффинное преобразование, интерполяция, коэффициент формы, комбинированные граничные условия, ромб, пластинка.

Постановка проблемы. В основе метода интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ) лежит изопериметрический метод. Основным аргументом в получаемых аналитических зависимостях является отношение коэффициента формы к площади области. Все определенное ограниченное подмножество областей имеют граничные (опорные) решения.

Метод интерполяции по коэффициенту формы предложен А.В. Коробко [1]. В его основу положены изопериметрические свойства и закономерности интегральной характеристики формы плоской области – коэффициента формы K_f . Впервые коэффициент формы был применен Д. Пойа [2] при построении изопериметрических односторонних и двусторонних неравенств для оценки интегральных физических характеристик в некоторых задачах математической физики.

Цель работы: обосновать применение метода МИКФ к решению практических задач.

Коэффициент формы плоской области и является количественной характеристикой формы области и выражается через контурный интеграл:

$$K_f = \oint_L \frac{ds}{h}, \quad (1)$$

где ds – линейный элемент контура области (рис. 1,а); h – высота, опущенная из полюса, взятого внутри области, на каса-

тельную к переменной точке контура; L – периметр области.

Для областей с полигональным контуром (рис. 1) выражение (1) имеет вид:

$$\begin{aligned} K_{fa} &= \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{h_i} = \sum_{i=1}^n (\operatorname{ctg} \alpha_i + \operatorname{ctg} \beta_i) = \\ &= \sum_{i=1}^n (\operatorname{ctg} \alpha_i + \operatorname{ctg} \beta_{i-1}), \end{aligned} \quad (2)$$

где l_i , h_i – длина i -той стороны многоугольника и высота, опущенная из полюса на i -ю сторону (рис.1); α_i и β_i – углы прилежащие к i -той стороне и ограниченные отрезками прямых, проведенными из полюса в углы полигона; n – количество сторон многоугольника.

Для прямоугольников коэффициент формы определяется по формуле:

$$K_f = 4(a/b + b/a) \quad (3)$$

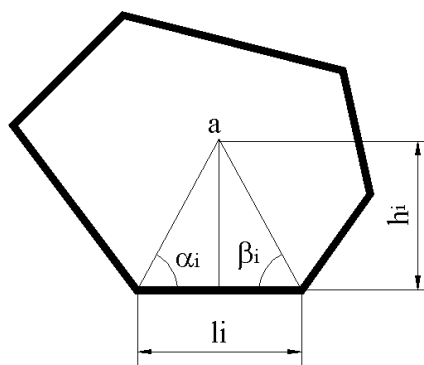


Рисунок 1 – Пластина с полигональным контуром

Более подробные сведения об этой характеристике приведены в работе [1].

Сущность метода интерполяции по коэффициенту формы заключается в следующем. Выбирается геометрическое преобразование заданной пластинки с таким расчетом, чтобы в полученное множество форм пластинок входили хотя бы две, для которых известны решения, либо их можно получить каким-либо точным или приближенным методом. Имея опорные решения, приводим их к изопериметрическому виду:

$$w = KQ \left(\frac{K_f}{A} \right)^n, \quad (4)$$

где n и K – неизвестные параметры.

Эти параметры определяются из известных решений $(w_0)_1$ и $(w_0)_2$, которые называются опорными решениями, а соответствующие им формы пластинок – опорными фигурами. Используя опорные решения и структуру формул, полученных при преобразовании интегро-дифференциальных соотношений технической теории пластинок:

$$n = \frac{\ln(w_{01}/w_{02})}{\ln(K_{f2}/K_{f1} \cdot A_1/A_2)}, \quad (5)$$

$$w_0 = (w_0)_1 \left(\frac{K_{f1}}{K_f} \frac{A}{A_1} \right)^n, \quad (6)$$

где индексы 1 и 2 относятся к параметрам двух опорных пластинок.

В этих выражениях первые формулы соответствуют опорным пластинкам с различной площадью, а вторые – с равной площадью.

Графически рассмотренная аппроксимация изображена на рисунке 2, где кривая I соответствует действительным значениям w_0 , а кривая II – приближенным решениям, полученным по формуле (6). Приведенные выше рассуждения основывались на непрерывных геометрических преобразованиях, когда изменение формы фигур рассматриваемого множества происходит непрерывно и монотонно.

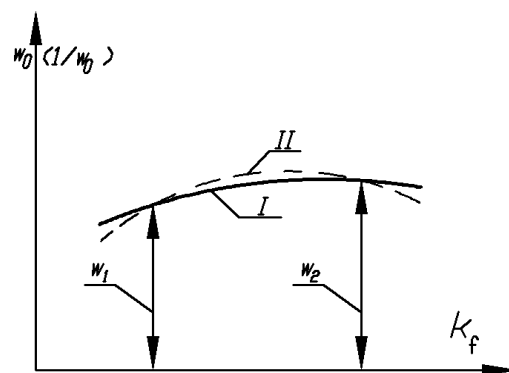


Рисунок 2 – Графически рассмотренная аппроксимация

Таким образом, МИКФ по своей математической сущности является методом интерполяции по коэффициенту формы решений, расположенных между опорными. Применение МИКФ даёт возможность получать простые аналитические зависимости для определения интегральных характеристик в задачах строительной механики, связанных с выпуклой плоской областью. МИКФ также даёт возможность проводить контрольные проверки результатов решений для конкретных фигур, полученных другими приближенными способами, путём построения этих фигур с помощью различных геометрических преобразований.

Рассмотрим прямоугольные пластинки, нагруженные равномерно распределенной нагрузкой, имеющие комбинированные граничные условия.

Пример 1. Рассмотрим пластинку постоянной толщины, комбинированно опертую (рис.3), нагруженную равномерно распределенной по всей поверхности нагрузкой. Требуется найти решение и оценить погрешность для прогиба пластинок в виде прямоугольников с соотношением сторон 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8.

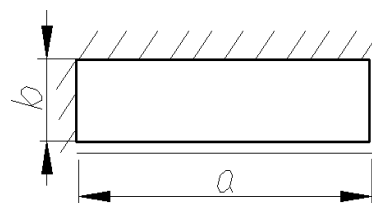


Рисунок 3 – Условия опирания пластинки

Приняв в качестве опорных фигур пластинки в виде прямоугольников с $a/b=1$ ($K_f = 8$; $1000W_0 = 2,2138$) и $a/b=3$ ($K_f = 13,333$; $1000W_0 = 0,5999$) по формулам МИКФ находим максимальный прогиб для заданных пластин, найденные данные сведены в таблицу 1.

Пример 2. Рассмотрим пластинку постоянной толщины, комбинированно опертую (рис.4), нагруженную равномерно распределенной по всей поверхности нагрузкой.

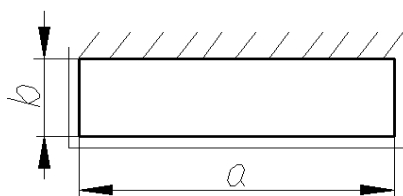


Рисунок 4 – Условия опирания пластинки

Требуется найти решение и оценить погрешность для прогиба пластинок в виде

прямоугольников с соотношением сторон 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,4; 2,4; 2,6; 2,8.

Приняв в качестве опорных фигур пластинки в виде прямоугольников с $a/b=1$ ($K_f = 8$; $1000W_0 = 2,886$) и $a/b=3$ ($K_f = 13,333$; $1000W_0 = 0,603$) по формулам МИКФ находим максимальный прогиб для заданных пластин, найденные данные сведены в таблицу 2.

Анализируя результаты, представленные в таблицах 1 и 2 можно сделать вывод о том, что погрешность решения, полученного с помощью метода интерполяции по коэффициенту формы (строка 2 табл. 1 и 2) и метода конечных элементов (строка 1 табл. 1 и 2) мала и не превышает 5%.

Вывод.

МИКФ дает возможность достаточно просто и с высокой степенью точности находить значения изгиба в задачах строительной механики пластинок, связанных с прямоугольными областями с комбинированными граничными условиями.

Таблица 1 – Значения максимального прогиба прямоугольных пластинок с комбинированными граничными условиями

Характеристики пластинок	a/b										
	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
$1000W_0$ (МКЭ)	2,213	2,122	1,909	1,672	1,435	1,231	1,055	0,907	0,785	0,684	0,599
$1000W_0$ (МИКФ)		2,118	1,914	1,669	1,438	1,231	1,055	0,908	0,786	0,684	
K_f	8	8,13	8,45	8,9	9,42	10	10,61	11,26	11,93	12,62	13,33
Разница, %		0,2	0,27	0,2	0,22	0,12	0	0,19	0,06	0,14	

Таблица 2 – Значения максимального прогиба прямоугольных пластинок с комбинированными граничными условиями

Характеристики пластинок	a/b										
	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
$1000W_0$ (МКЭ)	2,886	2,528	2,145	1,803	1,513	1,274	1,079	0,922	0,793	0,689	0,603
$1000W_0$ (МИКФ)		2,642	2,183	1,818	1,521	1,278	1,082	0,923	0,795	0,689	
K_f	8	8,13	8,45	8,9	9,42	10	10,61	11,26	11,93	12,62	13,33
Разница, %		4,52	1,798	0,88	0,55	0,35	0,35	0,13	0,3	0	

Библиографический список

1. Коробко А. В. Геометрическое моделирование формы области в двумерных задачах теории упругости. [Текст] / В. И. Коробко. — М. : Изд-во АВС, 1999. — 320 с.

2. Поля Г. Изопериметрические неравенства в математической физике / Г. Поля., Г. Сега. — М. : Госматиздат, 1962. — 336 с.
3. Фетисова М. А. Определение максимального прогиба трапециевидных пластинок с комбинированными граничными условиями с помощью МИКФ / М. А. Фетисова, Н. Г. Калашикова // Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». — Орел : изд-во ОрелГТУ, 2009. — № 1. — С. 65–67.
4. Коробко А. В. Определение поперечного изгиба методом интерполяции по коэффициенту формы при аффинном преобразовании пластинок в виде ромбов и параллелограммов с комбинированными граничными условиями / А. В. Коробко, М. А. Фетисова // Промышленное и гражданское строительство. — Москва, 2010. — № 1. — С. 23–24.
5. Коробко А. В. Способы решения задач поперечного изгиба трапециевидных пластинок / А. В. Коробко., М. А. Фетисова // «Строительство. Реконструкция». — Орел : изд-во ОрелГТУ, 2010. — № 1. — С. 36–39.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ФГБОУ ВПО ОрелГАУ Дроздом Г.Я.,
к.т.н., доц. ДонГТУ Бондарчуком В.В.*

Статья поступила в редакцию 06.11.15.

к.т.н. Фетисова М. А. (ФДБОУ ВПО ОрелДАУ, м. Орел, Росія)

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ ЗА КОЕФІЦІЄНТОМ ФОРМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПРОГІНА ПРЯМОКУТНИХ ПЛАСТИНОК З КОМБІНОВАНИМИ ГРАНИЧНИМИ УМОВАМИ

У статті на кількох прикладах показано, що за допомогою методу інтерполяції за коефіцієнтом форми можна досить просто визначати величину максимального прогину прямокутних пластинок зі складними граничними умовами, навантажених рівномірно розподіленим навантаженням.

Ключові слова: афінне перетворення, інтерполяція, коефіцієнт форми, комбіновані граничні умови, ромб, пластинка.

PhD in Engineering Fetisova M.A. (FSBEE HPE Orel SAE, Orel, Russia)

APPLICATION OF INTERPOLATION METHOD ON SHAPE INDEX FOR DETERMINING MAXIMUM DEFLECTION OF RECTANGULAR PLATES WITH MIXED BOUNDARY CONDITIONS

Several samples in this article show that the value of maximum deflection of rectangular plates with mixed boundary conditions loaded by uniformly distributed load can be easily determined using interpolation method on shape index.

Key words: affinity transformation, interpolation, shape index, mixed boundary conditions, rhombus, plate.

МЕХАНИКА

УДК 621.941.21/28

к.т.н. Зелинский А.Н.,
к.э.н. Зинченко А.М.,
к.т.н. Денисова Н.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ПРИВОДА РЕВОЛЬВЕРНОГО СУППОРТА ОДНОШПИНДЕЛЬНОГО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА

Проведен анализ кинематических связей деталей привода револьверного суппорта одношпиндельного токарно-револьверного автомата. Установлено влияние конструкции деталей привода на погрешности длины перемещения суппорта.

Ключевые слова: привод, револьверный суппорт, кинематические связи, кулачки.

Проблема и связь с научными и практическими задачами.

Основной задачей стоящей перед станкостроительной и инструментальной промышленностью является увеличение выпуска оборудования высокой и особо высокой точности, а также повышение уровня автоматизации производства изделий машиностроения. Важная роль в росте производительности труда, эффективности выпуска продукции предприятий, в высвобождении квалифицированных рабочих-станочников отводится станкам с полностью автоматизированным циклом обработки деталей.

Решению указанных задач способствует дальнейшее расширение применения и совершенствование конструкций станков-автоматов. В частности, серийные модели одношпиндельных прутковых токарно-револьверных автоматов (ОТРА) предназначенные для обработки деталей средней сложности, обладают широкими технологическими возможностями. Однако они не гарантируют стабильности получения линейных размеров 7~9 квалитетов, уступая по этому параметру станкам зарубежных фирм «Index» и «Traub».

С целью повышения точности и стабильности линейных размеров поверхностей деталей, обрабатываемых инструментами револьверного суппорта (РС), в конструкциях базовых моделей станков, например, 1Д118 и 1М116 были внесены изменения. В част-

ности, в результате модернизации традиционного привода РС «кулачек- ролик- рычаг- сектор- зубчатая рейка- суппорт» в станке повышенной точности модели 1В116П конструкция передачи упрощена и заменена на «кулачек- ролик- рычаг- упор- суппорт». Анализ кинематических связей деталей модернизированного привода для выявления возможных причин появления погрешностей обработки деталей, является предметом исследований.

Постановка задачи. Задачей данной работы является исследование кинематических связей деталей привода РС автомата повышенной точности модели 1В116П и определение причин влияния конструкции привода на погрешности длины перемещения суппорта.

Изложение материала и его результаты. Для анализа кинематических связей деталей привода револьверного суппорта рассматривается идеальный случай, когда все детали привода выполнены строго по номинальным размерам, без отклонений. Предполагается, что ролик привода с начала и до конца рабочего хода касается рабочей поверхности кулачка, образующая которой имеет вид архимедовой спирали. Анализ работы привода приводится для контрольного образца, у которого, согласно технологической карты, ход револьверного суппорта составляет 53,5 мм, архимедова спираль рабочего хода на кулачке расположена между ра-

диусами $r_n = 31,5$ мм и $r_k = 85$ мм. На рисунке 1 показано перемещение ролика относительно кулачка при различных положениях рычага. Пунктиром показано положение рычага в момент, когда точка касания рычага и упора находится на вертикальной оси, проходящей через центр качания рычага O . В

начальном положении ролик касается профиля кулачка в точке B_n расположенной на начальном радиусе r_n , в конечном положении – в точке B_k . За начало отсчета углов качания рычага была принята линия OO_1 , расположенная под углом γ_0 к оси OO_3 .

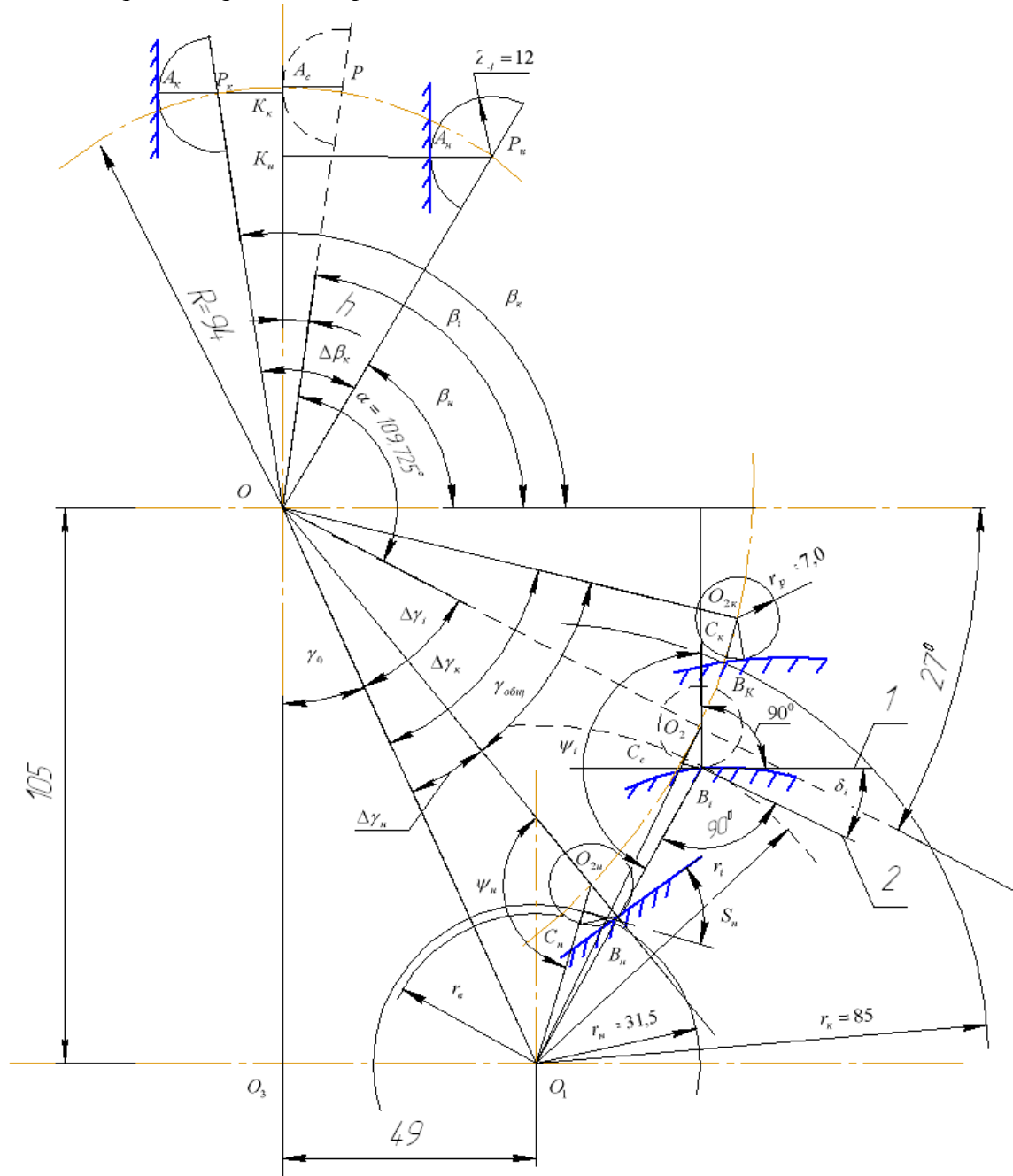


Рисунок 1 – Перемещение ролика относительно кулачка при различных положениях рычага

Угол равен:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \gamma_0 &= \frac{49}{105} = 0,4667 \\ \gamma_0 &= 25,0169^\circ \end{aligned} \quad (1)$$

В общем случае угол поворота рычага $\Delta \gamma_i$ можно определить в любой промежуточной точке контакта B_i ролика и рабочего профиля, если задать радиус в данной точке. Учитывая, что образующая рабочего профиля кулачка имеет вид архимедовой спирали, следовательно, его рабочий профиль будет описываться уравнением архимедовой спирали в полярной системе координат:

$$\rho = a + b\varphi, \quad (2)$$

где ρ – радиус-вектор (в нашем случае радиус в любой промежуточной точке контакта);

a, b – параметры архимедовой спирали;

φ – угол поворота радиус-вектора от начального до i -того положения.

Предположим, что начальное положение (начало отсчета угла поворота φ) совпадает с начальным радиусом r_n архимедовой спирали, тогда $\rho_n = r_n$ при $\varphi = 0$.

Отсюда следует, что:

$$a = \rho - b\varphi = r_n - b \cdot 0 = r_n. \quad (3)$$

Аналогично определяется параметр b из конечного положения, где $\rho_k = r_k$, при этом угол φ будет равен угловой длине участка архимедовой спирали и берется из технологической карты:

$$\varphi = \frac{a_{\text{пер}} \cdot 3,6^\circ}{57,296^\circ}, \quad (4)$$

где φ – угол в радианах;

$a_{\text{пер}}$ – число соток данного перехода.

Таким образом, в общем виде уравнение архимедовой спирали примет вид:

$$\rho_i = r_n + \frac{(r_k - r_n) \cdot 57,296^\circ \cdot \varphi}{a_{\text{пер}} \cdot 3,6^\circ}. \quad (5)$$

При равномерном вращении кулачка неравномерность осевого перемещения РС является следствием изменения относительного расположения центров качания рычага, осей вращения ролика и кулачка, конструкции кинематической пары, передающей движение от рычага к суппорту и, наконец, формы рабочей поверхности кулачка. Схема (рис. 1) показывает, что чем меньше радиус кулачка, тем относительно «круче» участок архимедовой спирали (соответственно больше подача) и больше погрешность из-за отклонения точки контакта ролика с кулачком от линии их центров. Наличие в передаче качающегося рычага ведет к неравномерности подачи и длины хода РС. Положение точки контакта упора с суппортом также зависит от радиуса и профиля кулачка и вносит свою погрешность в перемещение суппорта.

Для анализа влияния величины расчетной подачи на длину перемещения суппорта разработаны пять вариантов технологического процесса обработки экспериментальной детали – валик. Варианты технологического процесса отличаются друг от друга только принятой величиной подачи револьверного суппорта. Исходные данные для расчета уравнения архимедовой спирали при различных значениях подач представлены в таблице 1.

Исходя из схемы, представленной на рисунке 1, путем вычисления получена расчетная зависимость рабочего хода суппорта:

$$L_{\text{р.х.}} = OP_n \cdot (\cos \beta_n - \cos \beta_k)^*, \quad (6)$$

где OP_n – начало отсчета поворота рычага; β_n, β_k – угол начального и конечного положения упора рычага относительно горизонтальной оси, проходящей через центр О.

Результаты расчетов представлены в таблице 2.

* Вывод формулы выполнен с участием И. С. Кушнера.

МЕХАНИКА

Таблица 1 – Исходные данные для расчета уравнения архимедовой спирали

№ п/п	Подача S, мм/об	Число соток $a_{пер}$	φ		Кол-во оборотов на переход	b	Уравнение архимедовой спирали
			град.	радианы			
1.	0,02	37	133,2	2,324778	2675	23,0129	$\rho_i = 31,5 + 23,0129\varphi$
2.	0,03	30	108	1,884955	1783	28,3826	$\rho_i = 31,5 + 28,3826\varphi$
3.	0,04	25	90	1,570796	1338	34,0591	$\rho_i = 31,5 + 34,0591\varphi$
4.	0,06	19	68,4	1,193805	892	44,8147	$\rho_i = 31,5 + 44,8147\varphi$
5.	0,10	13	46,8	0,816814	535	65,4983	$\rho_i = 31,5 + 65,4983\varphi$

Таблица 2 – Результаты расчетов влияния подачи на величину перемещения суппорта

Подача, S мм/об	Длина хода расчетная, мм	Длина хода фактическая, мм	Ошибка длины хода	
			в мм	в %
0,02	53,5	54,046	0,0546	1,02
0,03	53,5	54,373	0,873	1,63
0,04	53,5	54,678	1,178	2,20
0,06	53,5	55,115	1,615	3,02
0,1	53,5	55,511	2,011	3,75

Таким образом, из расчетов видно, что с изменением подачи даже с идеальным профилем архимедовой спирали на рабочей поверхности кулачка и заложенной в конструкцию токарно-револьверных автоматов системе передачи движения суппорта, фактическая длина рабочего хода не равна его расчетному значению. При этом с увеличением подачи ошибка растет.

Расчеты показали, что замена в приводе РС пары «зубчатый сектор-рейка» на «рычаг – упор суппорта» частично компенсирует погрешности качающегося рычага и снижает суммарную погрешность длины перемещения суппорта. Для обеспечения минимальной погрешности длины хода РС можно рекомендовать проектирование ра-

бочего участка кулачка на максимально допустимом наладкой его радиусе.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Выполнен анализ кинематических связей деталей привода револьверного суппорта ОТРА. Выявлены и учтены причины и дана количественная оценка погрешностям длины хода РС. Установлена целесообразность перехода конструкции привода на «рычаг-упор-суппорт» вместо «зубчатый сектор – рейка». Результаты исследований могут быть рекомендованы проектировщикам наладок и кулачков предприятий для корректировки рабочего профиля кулачков с учетом погрешностей от архимедовой спирали [5].

Библиографический список

1. Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные прутковые моделей 1В116, 1В116П. Технические условия на опытный образец ТУ2.1.100.108.179-85. — М. : ВПО «Союзстанкопром», 1985.
2. Автоматы токарно-револьверные одношпиндельные 1Д118, 1Д112. Руководство по эксплуатации. — М. : Станкоимпорт. — 60 с.
3. Самонастраивающиеся зажимные механизмы: справочник / Ю. Н. Кузнецов, А. А. Вачев, С. П. Сяров, А. Й. Цървенков ; под ред. Ю. Н. Кузнецова. — К. : Техніка, 1979. — 222 с.
4. Пипкин Ю. В. Инновационные перспективы анализа станочных приспособлений как класса технических систем / Ю. В. Пипкин, А. М. Зинченко, Н. А. Денисова // Научный журнал Техниче-

ского университета – Варна. Специальный выпуск. Материалы IV Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании», 30 мая–6 июня 2008 г., Варна, Болгария. — 2008. — Т. 1. — С.446–450.

5. Отчет НИР кафедры «Технологии и организации машиностроительного производства» ДонГТУ, 2011.

**Рекомендована к печати к.т.н., проф. ДонГТУ Ульяницким В.Н.,
зам. начальника производственного отдела ОАО «АМК» Щуровым С.В.**

Статья поступила в редакцию 19.11.15.

**к.т.н. Зелінський А.М., к.е.н. Зинченко А.М., к.т.н. Денисова Н.А. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ПРИВОДУ РЕВОЛЬВЕРНОГО
СУПОРТА ОДНОШПИНДЕЛЬНОГО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА**

Проведено аналіз кінематичних зв'язків деталей приводу револьверного супорта одношпіндельного токарно-револьверного автомата. Встановлено вплив конструкції деталей приводу на похибки довжини переміщення супорта.

Ключові слова: *привод, револьверний супорт, кінематичні зв'язки, кулачки.*

**PhD in Engineering Zelinskiy A.N., PhD in Economics Zinchenko A.M., PhD in Engineering
Denisova N.A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)**

**STUDY OF KINEMATIC CONSTRAINTS OF TURRET DRIVE IN SINGLEX AUTOMATIC
TURRET MACHINE**

Analysis of kinematic constraints of drive parts in singlex automatic turret machine has been carried out. It is determined that the drive parts design influences the errors of turret travel length.

Key words: *drive, turret, kinematic constraints, tappets.*

УДК 532.5.013

к.ф.-м.н. Рубежанский В.И.,
к.т.н. Антропов И.И.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

КОНВЕКТИВНЫЙ ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ МИКРОПОЛЯРНОЙ ЖИДКОСТИ ВОЗЛЕ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ СТЕНКИ

Решена автомодельная задача пограничного слоя микрополярной жидкости на пластине с отрицательным градиентом температуры. Полученные результаты о распределении скорости, микровращения, температуры позволяют выяснить особенности поведения таких жидкостей по сравнению с ньютоновскими жидкостями.

Ключевые слова: микрополярная жидкость, пограничный слой, конвекция.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Реологические свойства жидких сред с внутренними степенями свободы [1, 2], используемые для описания течений суспензий, ферромагнитных жидкостей, крови, жидких кристаллов, находят дальнейшие обобщения [3]. Интерес к задачам свободноконвективного теплообмена сред с неньютоновскими свойствами обусловлен, в первую очередь, разнообразными практическими применениями [4]: производство и переработка полимерных материалов, хранение и транспорт нефти и нефтепродуктов, процессы химической и металлургической [5] технологий и т.д.

Проявления особых свойств микрополярных жидкостей (МПЖ) проще выявляются в уравнениях пограничного слоя. В общем случае нелинейная система уравнений пограничного слоя не поддается интегрированию. Однако, может быть найден класс автомодельных преобразований, сводящих исходную систему нелинейных уравнений в частных производных к системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Одним из эффективных способов отыскания автомодельных задач является инвариантно-групповой метод [6].

Постановка задачи. Задачей данной работы является установление влияния особых реологических свойств МПЖ на динамический и тепловой пограничные слои.

Изложение материала и его результаты.

Рассмотрим задачу плоского пограничного слоя МПЖ, возникающего в результате свободноконвективного течения возле вертикальной неизотермической пластины или стенки.

Уравнения плоского конвективного слоя имеют вид

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = \frac{2\mu + k}{2\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{k}{\rho} \frac{\partial v}{\partial y} + g\beta^* T,$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\gamma}{\rho j} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}, \quad (1)$$

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \chi \frac{\partial^2 T}{\partial y^2},$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0.$$

Система координат выбрана следующим образом: ось x направлена вертикально вверх, ось y – горизонтально.

Этот тип пограничного слоя характеризуется тем, что в уравнении для скорости микровращения моментные напряжения играют определяющую роль [7].

Более того, не учитывая вязкую диссипацию и термомеханические эффекты, влияние микровращения проявляются только через динамические уравнения.

Инвариантно-групповой метод позволяет [6] определить вид закона изменения температуры стенки, при которой существует автомодельность поставленной задачи. Из большого числа [8] возможностей изменения температуры стенки выбираем для численного решения следующий:

$T = \Theta x^{-\frac{3}{5}}$. Такой закон изменения температуры стенки с отрицательным градиентом приводит к автомодельной задаче, которая численно и экспериментально исследовалась в конвективном пристеночном факеле для ньютоновской [9] жидкости.

Система уравнений (1) после введения функции тока ϕ посредством соотношений

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial y}, \quad v = -\frac{\partial \phi}{\partial x} \quad (2)$$

с граничными условиями:

$$y=0, \quad u=v=0, \quad v = -\frac{1}{2} \frac{\partial u}{\partial y}, \quad T = \Theta x^{-\frac{3}{5}} \\ y=\infty, \quad u=0, \quad v=0, \quad T=0 \quad (3)$$

допускает преобразования подобия

$$\phi = 5\mu\rho^{-1}cx^{\frac{3}{5}}\varphi, \quad u = 5\mu\rho^{-1}c^2x^{\frac{1}{5}}\varphi' \\ v = \mu\rho^{-1}cx^{-\frac{2}{5}}(2\eta\varphi' - 3\varphi), \\ v = 5\mu\rho^{-1}c^3x^{-\frac{1}{5}}\psi, \quad T = \Theta\tau \cdot x^{-\frac{3}{5}}, \quad (4) \\ \eta = c y x^{-\frac{2}{5}}, \quad \text{где } c = 4\sqrt{\frac{g\beta^*\Theta\rho^2}{5\mu^2}}.$$

Преобразования (4) сводят уравнения (1) к системе обыкновенных дифференциальных уравнений

$$(1+0,5\varepsilon)\varphi''' + 3\varphi\varphi'' - (\varphi')^2 + \varepsilon\psi' + \tau = 0, \\ \psi'' + M(\varphi'\psi + 3\varphi\psi') = 0 \quad (5) \\ \tau'' + 3\text{Pr}(\varphi'\tau + \varphi\tau') = 0,$$

где $\varepsilon = \frac{k}{\mu}$, $M = \frac{j\mu}{\gamma}$, Pr – число Прандтля,

(') – знак производной по переменной η .

Численное решение задачи (5) с граничными условиями:

$$\varphi = 0, \quad \varphi' = 0, \quad \psi = -\frac{1}{2}\varphi'', \quad \tau = 1 \quad (\eta = 0); \\ \varphi' = 0, \quad \psi = 0, \quad \tau = 0 \quad (\eta = \infty) \quad (6)$$

проводилось для различных значений числа Прандтля и изменений параметров МПЖ в диапазонах: $0 \leq \varepsilon \leq 10$, $0 \leq M \leq 5$.

Распределение безразмерных скоростей, скоростей микровращений и температур для нескольких значений Pr , ε , M показаны на рисунках (1 - 3). Они позволяют проанализировать влияние параметров МПЖ на динамические и температурные слои.

В таблице 1 приведены численные значения максимумов продольной скорости и координаты их расположения по отношению к пластине.

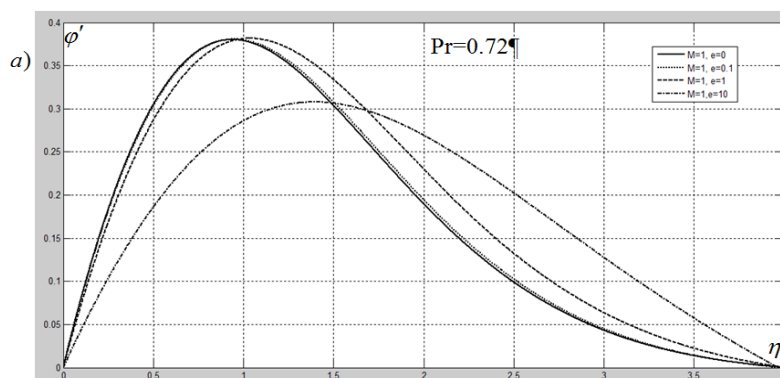
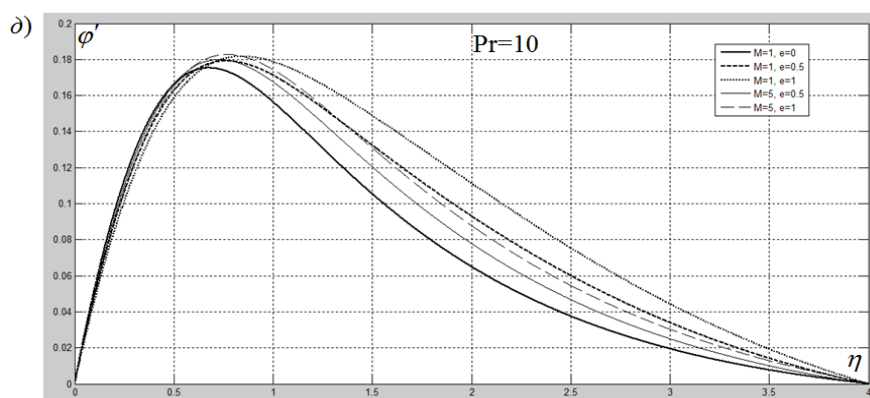
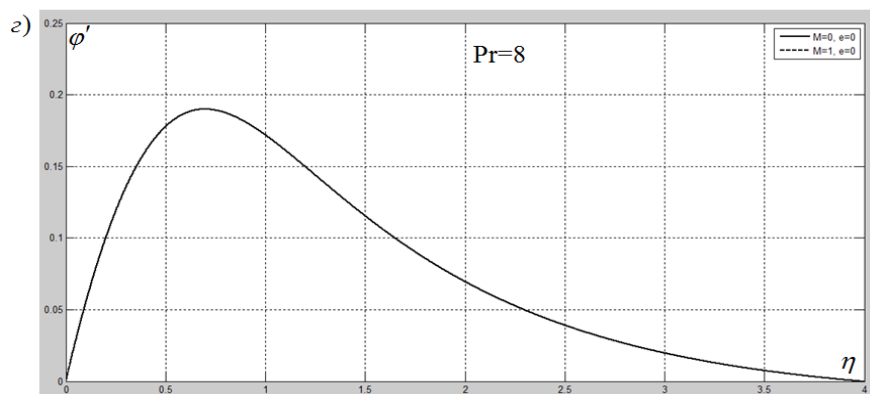
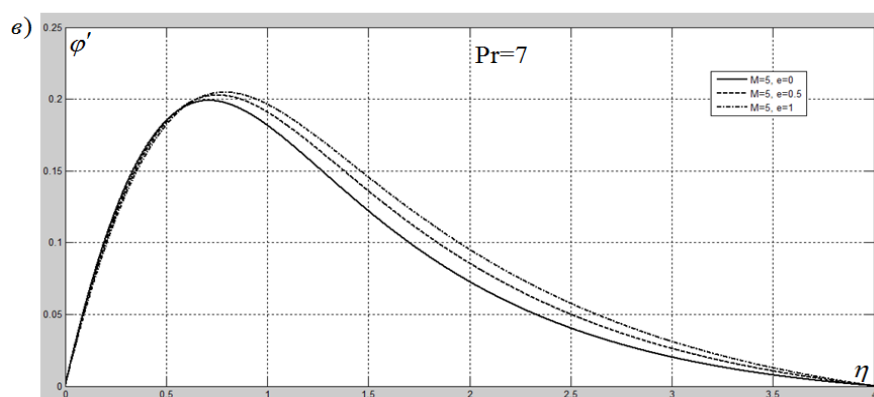
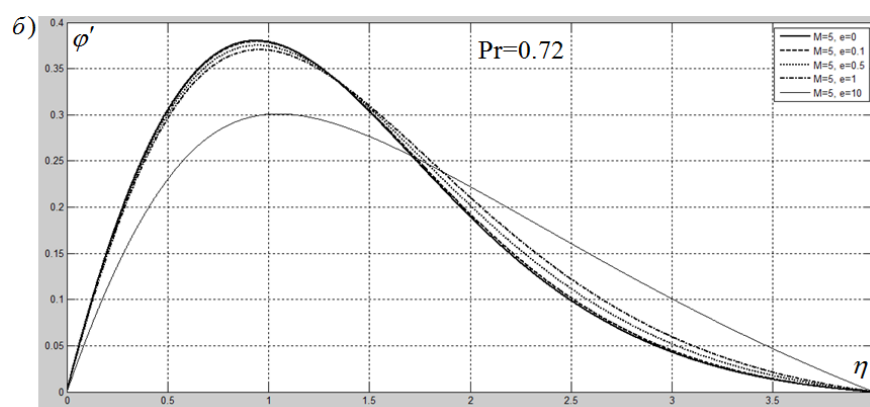


Рисунок 1 – Распределение продольной скорости течения при различных значениях чисел Pr и параметров МПЖ



Продолжение рисунка 1

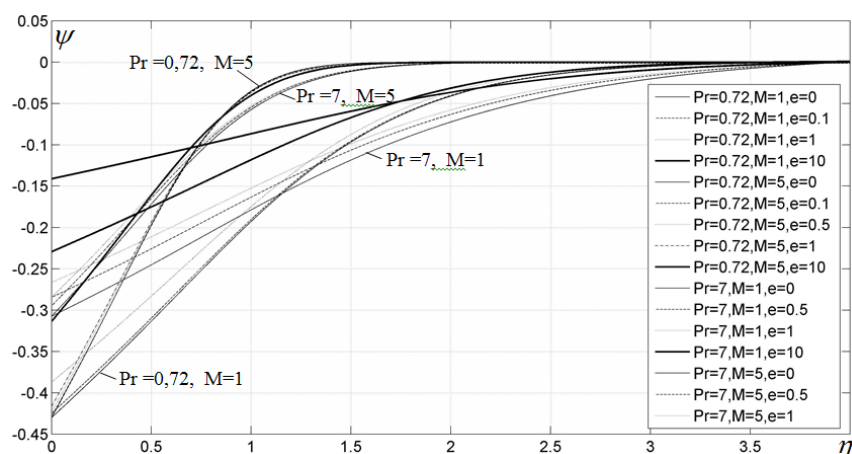


Рисунок 2 – Распределение скорости микровращения при различных значения чисел Прандтля и параметров МПЖ

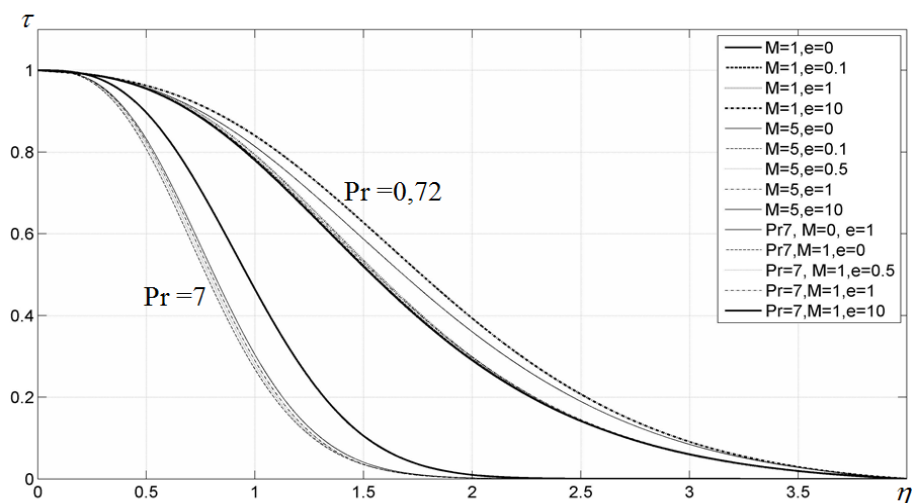


Рисунок 3 – Распределение температуры в пограничном слое при различных значения чисел Прандтля и параметров МПЖ

Таблица 1 – Значения максимумов продольной скорости φ' и координаты η их расположения по отношению к пластине

№ п/п	Pr	M	$\varepsilon = e$	φ'_{\max}	η
1	2	3	4	5	6
1	0,72	1	0	0,3802	0,9370
2	0,72	1	0,1	0,3807	0,9490
3	0,72	1	1	0,3816	1,0370
4	0,72	1	10	0,3078	1,3940
5	0,72	5	0	0,3802	0,9370
6	0,72	5	0,1	0,3792	0,9400
7	0,72	5	0,5	0,3750	0,9470
8	0,72	5	1	0,3703	0,9560

МЕХАНИКА

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
9	0,72	5	10	0,3010	1,0490
10	7	0	1	0,1975	0,8790
11	7	1	0	0,1990	0,7110
12	7	1	0,5	0,2028	0,7950
13	7	1	1	0,2050	0,8680
14	7	1	10	0,1696	1,3780
15	7	5	0	0,1991	0,7110
16	7	5	0,5	0,2028	0,7540
17	7	5	1	0,2047	0,7890
18	8	0	0	0,1899	0,6980
19	8	1	0	0,1899	0,6980
20	10	1	0	0,1753	0,6760
21	10	1	0,5	0,1792	0,7650
22	10	1	1	0,1817	0,8460
23	10	5	0,5	0,1799	0,7280
24	10	5	1	0,1828	0,7700
25	60	5	0,5	0,0925	0,6370

Выводы и направление дальнейших исследований.

Как и для изотермической пластины [7] в пределах изменения $0 \leq \varepsilon \leq 1$ при $M=1$ и $M=5$ течение в пограничном слое МПЖ становится более интенсивным, чем в ньютоновской жидкости. Такое влияние параметров МПЖ обнаруживалось [7] только для более вязких сред ($Pr=7; 10$) при изотермической пластине.

Увеличение параметров вращательной вязкости ε при каждом M отдаляет мак-

симум продольной скорости течения от стенки.

В случае отрицательного градиента температуры пластины профили температуры (рис. 3) являются S-образными, как и для вынужденной конвекции [4] степенных жидкостей.

Увеличение коэффициентов ε и M слабо изменяет профили температур в пограничном слое, что естественно ожидать при принятом уравнении теплопроводности.

Библиографический список

1. Eringen A. C. Theory of micropolar fluids / A. C. Eringen // J. Math. Mech. — 1966. — V 16. — pp.1–9.
2. Аэро Э. Л. Асимметричная гидромеханика / Э. Л. Аэро, А. Н. Булыгин, Е. В. Кувшинский // Прикл. мат. и мех. — 1965. — Т. 29, № 2. — С. 297–308.
3. Еремеев В. А. Основы механики вязкоупругой микрополярной жидкости / В. А. Еремеев, Л. М. Зубов. — Ростов-на-Дону : Изд. ЮНЦ РАН, 2009. — 128 с.
4. Шульман З. П. Конвективный тепломассоперенос реологически сложных жидкостей / З. П. Шульман. — М., 1975. — 351 с.

5. Повх И. Л. Магнитная гидродинамика в металлургии / И. Л. Повх, А. Б. Капустин, Б. В. Чекин. — М. : Металлургия, 1974. — 240с.
6. Овсянников Л. В. Групповые свойства дифференциальных уравнений / Л. В. Овсянников. — Новосибирск : СО АН СССР, 1962. — 231 с.
7. Рубежанский В. И. Автомодельная задача конвективного пограничного слоя микроструктурной жидкости / В. И. Рубежанский // Вестник МАНЭБ. — Т. 9., № 7. — 2004. — С. 57–58.
8. Рубежанский В. И. Инвариантные решения уравнений конвективного пограничного слоя микроструктурной жидкости / В. И. Рубежанский // Тезисы докл. II Всесоюз. конф. «Современные проблемы тепловой конвекции». — Пермь, 1975. — С. 71.
9. Зимин В. Д. Конвективный пристеночный факел / В. Д. Зимин, Ю. Н. Ляхов. — ПМТФ, 1970. — № 3. — С. 159–161.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. гидрогазовых систем НАУ Мочалиным Е.В.,
к.т.н., доц. ДонГТУ Чебаном В.Г.**

Статья поступила в редакцию 13.11.15.

к.ф.-м.н. Рубежанський В.І., к.т.н. Антропов І.І. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

КОНВЕКТИВНИЙ ПОГРАНИЧНИЙ ШАР МІКРОПОЛЯРНОЇ РІДИНИ БІЛЯ НЕІЗОТЕРМІЧНОЇ СТІНКИ

Вирішена автомодельна задача пограничного шару мікрополярної рідини на пластині з негативним градієнтом температури. Отримані результати про розподіл швидкості, мікрообертання, температури дозволяють з'ясувати особливості поведінки таких рідин у порівнянні з ньютоновськими рідинами.

Ключові слова: мікрополярна рідина, пограничний шар, конвекція.

PhD in Physics and Mathematics Rybezhanyskyi V.I., Phd in Engineering Antropov I.I. (Don-STU, Alchevsk, LPR)

CONVECTIVE BOUNDARY LAYER OF MICROPOLAR FLUID ALONGSIDE UNISOTHERMAL WALL

Self-simulation problem of boundary layer of micropolar fluid has been solved on a plate with negative temperature gradient. Obtained results on rate distribution, microrotation and temperature allow finding out peculiarities of fluid behavior in comparison with Newton fluids.

Key words: micropolar fluid, boundary layer, convection.

УДК 621.9.02.001

к.э.н. Зинченко А.М.,
к.т.н. Кучма С.Н.,
Стародубов С.Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ПРОФИЛИРОВАНИЕ РЕЗЬБОНАРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО МЕТОДОМ КАСАНИЯ

Разработана методика графоаналитического определения исходной формообразующей поверхности при профилировании резьбонарезного инструмента, работающего методом касания: дисковых фрез, вихревых головок и т.п.

Ключевые слова: резьбонарезание, профилирование резьбонарезного инструмента, вихревая головка, дисковая резьбонарезная фреза, исходная формообразующая поверхность.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами.

В машинах и механизмах для создания разъёмных соединений и преобразования вращательного движения в поступательное, широко используются резьбы: крепёжные и ходовые. Согласно статистическим данным около 60% деталей машин имеют в своей конструкции резьбовые поверхности различного профиля: треугольного, прямоугольного, трапецеидального, круглого, типа «стрельчатая арка» и т.д.

Все существующие способы резьбонарезания можно классифицировать по методу получения образующей линии [1]: след или касание. На методе следа основаны такие способы резьбонарезания, как многопроходное точение резцом, нарезание резьб резьбовыми гребёнками, плашками и метчиками. Метод касания лежит в основе фрезерования резьб дисковыми и гребёнчатыми фрезами, вихревого резьбонарезания, резьбошлифования.

Все способы резьбонарезания, основанные на методе касания, характеризуются высокой производительностью, однако для их реализации требуется специализированный инструмент, от точности определения профиля режущей кромки которого во многом зависит точность обработки.

Профиль режущей кромки инструмента определяется на этапе проектирования. Сложность задачи заключается в том, что при работе методом касания контакт режу-

щей кромки инструмента с впадиной резьбы происходит по пространственной кривой сложной формы, характеристики которой неизвестны, и их необходимо определить.

В практике проектирования резьбонарезного инструмента определение профиля кривой контакта режущих кромок инструмента с поверхностью впадины обрабатываемой резьбы осуществляют одним из двух способов: аналитическим и графическим.

Анализ доступных авторам литературных источников показывает, что наиболее подробно аналитический способ излагается в работах [2, 3, 4]. Данный способ обеспечивает высокую точность определения профиля инструмента при условии наличия математической модели, описывающей характер взаимодействия производящей линии с обрабатываемой поверхностью. Однако зачастую получение такой модели весьма сложно, а в ряде случаев – невозможно. Также существенным недостатком метода является отсутствие визуализации получаемых результатов, поэтому их правильная интерпретация требует от конструктора опыта проектирования резьбонарезных инструментов, а возможные ошибки плохо поддаются выявлению и устранению.

Большее распространение ввиду простоты вычислений и наглядности проектирования получил графический метод, представленный в работах [5, 6, 7]. Однако точность этого метода ограничена точно-

стью графических преобразований и является относительно невысокой.

Приведенные данные позволяют сделать вывод, что проблема проектирования резьбонарезного инструмента, работающего методом касания, сохраняет свою актуальность на протяжении длительного времени.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка такого метода определения исходной формообразующей поверхности, который объединил бы преимущества аналитического и графического методов. Такой метод целесообразно называть графоаналитическим.

Под исходной формообразующей поверхностью в данном случае понимается совокупность производящих линий, образуемых точками на режущей кромке инструмента при его вращении.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Установить необходимый набор исходных данных для профилирования исходной формообразующей поверхности.

2. Определить механизм взаимодействия резьбонарезного инструмента с поверхностью впадины резьбы.

3. Разработать последовательность определения радиусов исходной формообразующей поверхности.

Изложение материала и результаты.

Исходными данными для профилирования является профиль впадины резьбы с соответствующими размерами. На рисунке 1 в качестве примера показан профиль круглой резьбы ходового винта с наружным диаметром d , шагом t , радиусом резьбовой канавки R и диаметром впадин d_1 .

Для удобства дальнейшего описания вводится система координат $XOYZ$. Начало координат (точка O) располагается на оси винтовой линии посередине проекции впадины резьбы на фронтальную плоскость.

В произвольном сечении, перпендикулярном оси Z (сечение А–А) определяются координаты текущей точки вводится полярная система координат с началом в точке O и осью ρ_i , проходящей через точку впадины с минимальным радиусом.

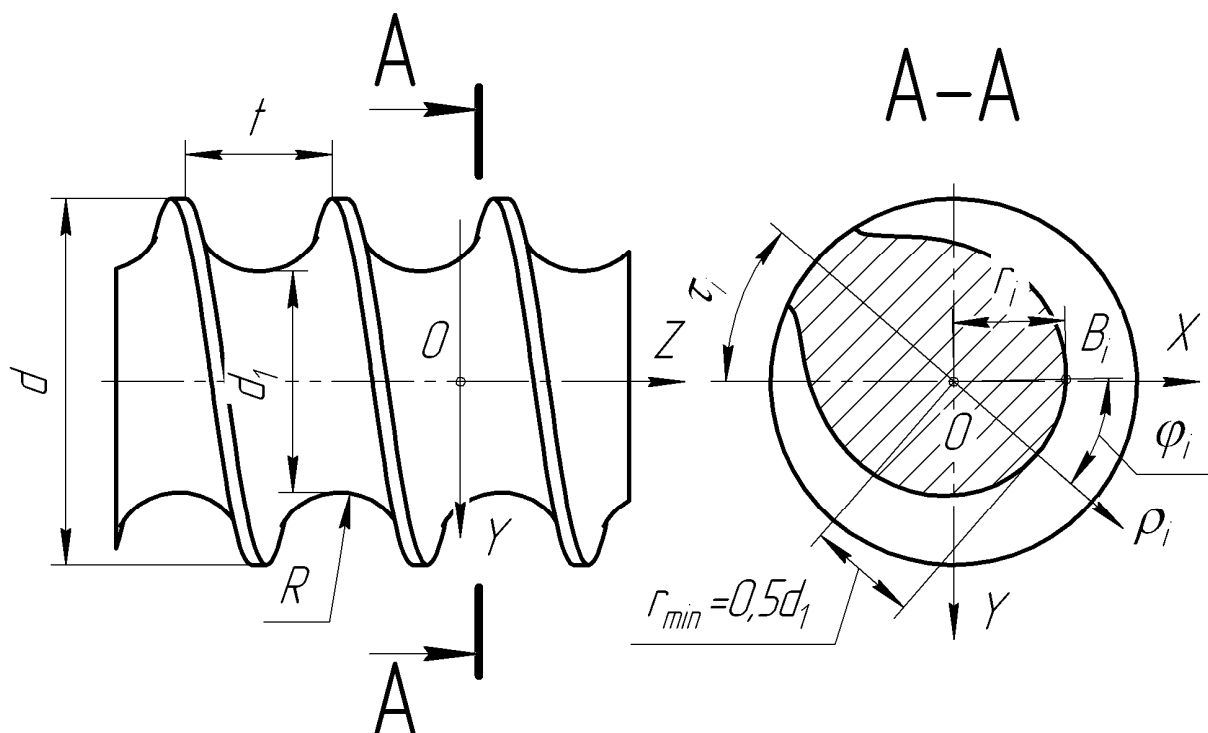


Рисунок 1 – Профиль резьбы

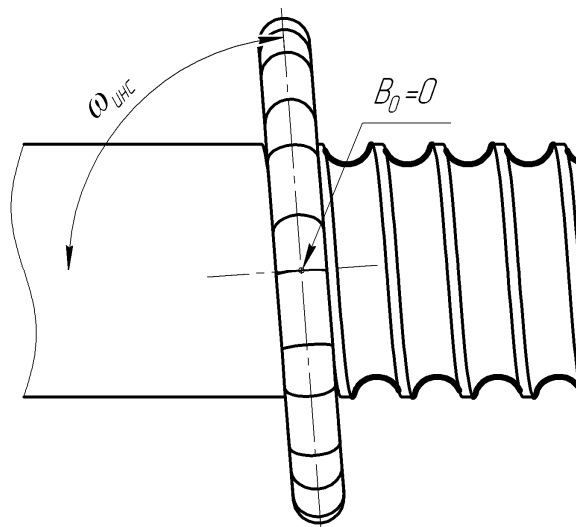


Рисунок 2 – Схема установки инструмента

Угол наклона оси ρ_i к оси OX на рисунке 1 обозначен τ_i . В полярной системе координат определяется положение текущей точки B_i : радиус r_i и угол φ_i . Индекс i соответствует номеру рассматриваемого сечения.

Далее задаются величины, определяющие положение инструмента в процессе обработки. На рисунке 2 это координаты точки B_0 , расположенной на наибольшем радиусе режущей кромки (на диаметре впадин d_1) и угол установки инструмента $\omega_{инс}$.

Известно, что проекцией траектории винтового движения точки на осевую плоскость

является синусоида. Соответственно, проекцию резьбовой поверхности на осевую плоскость можно рассматривать как семейство синусоид, отличающихся амплитудой и расположением вдоль оси Z . На рисунке 3 представлено такое семейство синусоид для рассматриваемого примера. Амплитуда каждой синусоиды зависит от радиуса r_i , на котором находится рассматриваемая точка, а координата смещения z_i зависит от угла установки инструмента.

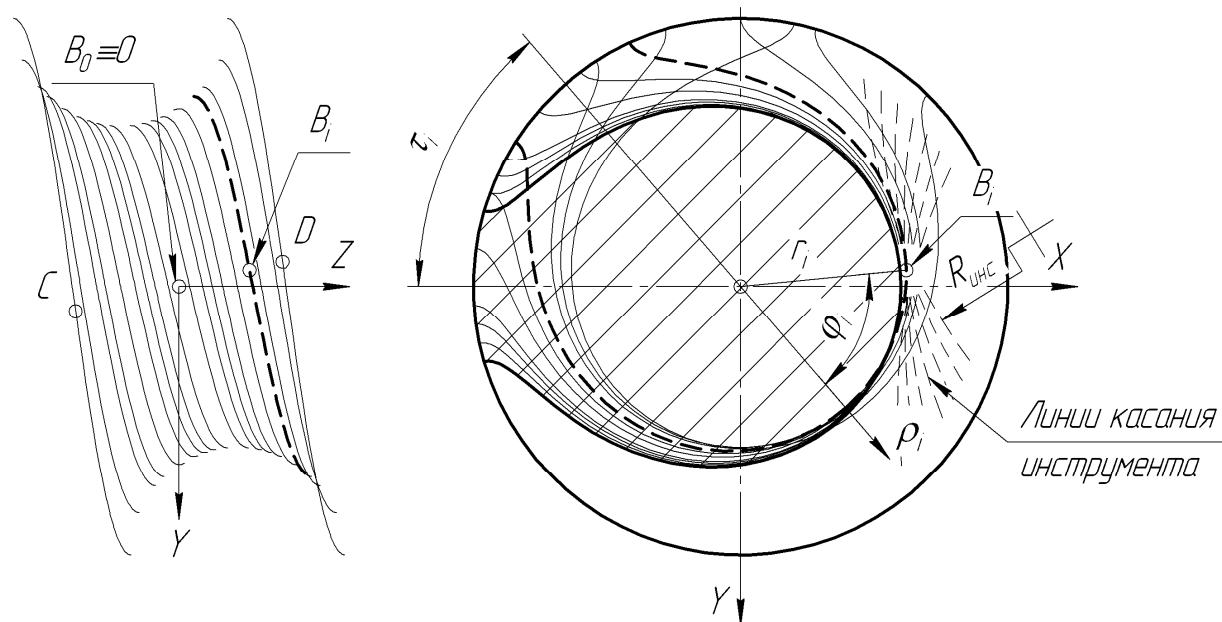


Рисунок 3 – Проекция траекторий точек резьбовой поверхности на плоскость

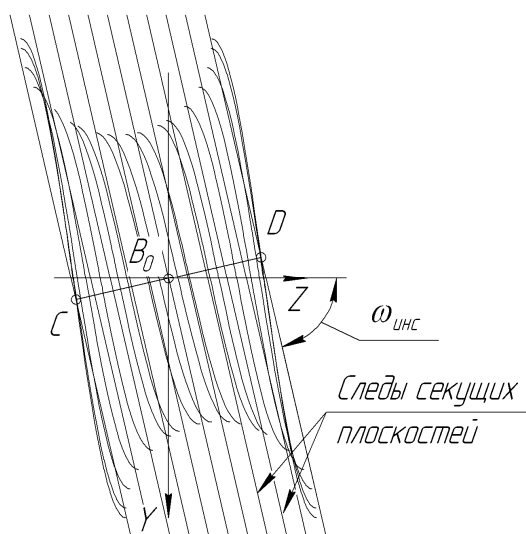
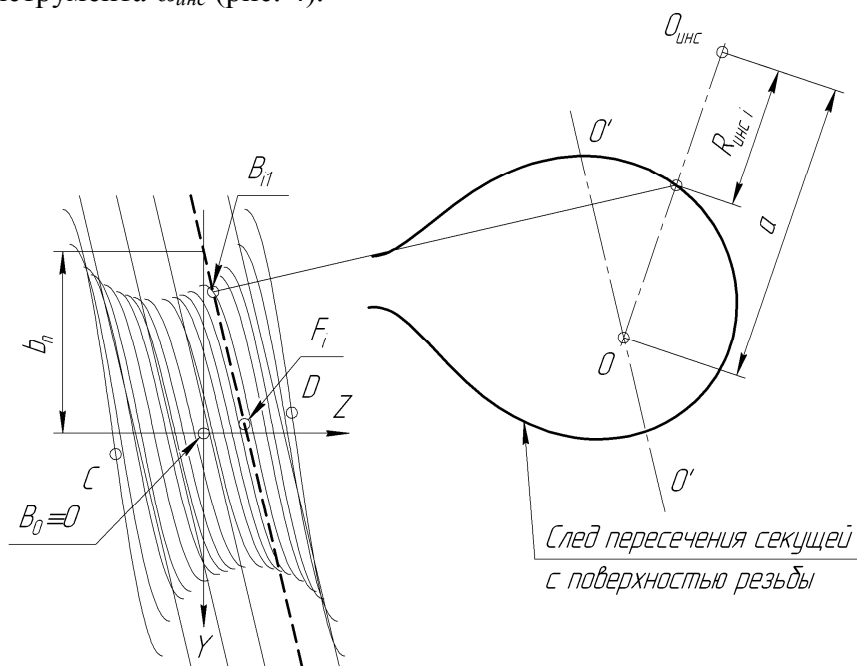


Рисунок 4 – Следы секущих плоскостей на исходной формообразующей поверхности

Полученное семейство синусоид представляет собой исходную формообразующую поверхность шириной CD . Указанная поверхность рассекается секущими плоскостями, перпендикулярными координатной плоскости YOZ на n частей. Следы секущих плоскостей на плоскости YOZ будут прямые линии, перпендикулярные отрезку CD и наклоненные к оси Z под углом установки инструмента $\omega_{инс}$ (рис. 4).

Таким образом, задача профилирования резбонарезающего инструмента, работающего методом касания, сводится к определению радиусов окружностей $R_{инс}$, касательных к следу пересечения секущей плоскости с резьбовой поверхностью в каждой из секущих плоскостей. Схема решения представлена на рисунке 5.



$O_{инс}$ – центр инструмента; a – межосевое расстояние.

Рисунок 5 – Схема определения минимального радиуса исходной формообразующей поверхности

Вначале определяются координаты точек пересечения следа секущей плоскости с линией проекции траектории винтового движения точки B_i . Согласно рисунку 4, след секущей плоскости – это прямая, описываемая уравнением:

$$y = k_n \cdot z + b_n, \quad (1)$$

где b_n – длина отрезка, отсекаемого секущей плоскостью на оси Y . Зависит от угла подъёма винтовой линии и положения следа секущей на отрезке CD (от длины отрезка OF_i) (рис. 5);

n – индекс рассматриваемой секущей плоскости;

k_n – угловой коэффициент, определяемый из выражения:

$$k = \operatorname{tg}(\pi - \omega_{\text{инс}}). \quad (2)$$

Как отмечалось ранее, проекция траектории винтового движения произвольной точки B_i есть синусоида, описываемая уравнением

$$y = r_i \cdot \sin(\varphi_i - \tau_i), \quad (3)$$

где r_i – текущий радиус рассматриваемой точки B_i в торцовом сечении;

φ_i – текущий угол поворота точки B_i вокруг оси ρ_i ;

τ_i – угол поворота оси ρ_i текущего торцового сечения относительно оси X (рис. 1).

Между углом поворота τ_i и координатой z существует известная зависимость:

$$\delta_k = \frac{2\pi \cdot z}{t}, \quad (4)$$

где t – шаг резьбы (винта), мм.

Подставляя выражение (4) в формулу (3) и приравнявая формулы (3) и (1), получаем уравнение:

$$k_n \cdot z - r_i \cdot \sin\left(\varphi_i - \frac{2\pi \cdot z}{t}\right) + b_n = 0. \quad (5)$$

Полученное нелинейное уравнение решается относительно координаты z известными методами (например, методом Ньютона или методом итераций). По формулам (1) или (3) определяют значение координаты y , соответствующей найденному значению координаты z .

Определяют радиус $R_{\text{инс } i}$ исходной формообразующей поверхности в точке с координатами (z, y) (рис. 5).

Затем радиусу r_i дают приращение Δr и повторяют расчёты. Величина приращения Δr зависит от необходимой точности определения профиля исходной формообразующей поверхности.

Наименьшее значения радиуса $R_{\text{инс min}}$ из полученного массива и будет искомым радиусом профиля исходной формообразующей поверхности на участке данной секущей плоскости. После его определения переходят к рассмотрению следующей секущей плоскости и т.д. В результате получают исходную формообразующую поверхность резбонарезного инструмента, работающего методом касания как совокупность её минимальных радиусов. Эти данные являются исходными для дальнейшего конструирования инструмента.

Выводы и направления дальнейших исследований.

Разработана методика графоаналитического определения профиля исходной формообразующей поверхности резбонарезного инструмента, работающего методом касания.

Данная методика может быть использована при конструировании дисковых резбовых фрез, вихревых головок, пальцевых фрез и т.д.

Библиографический список

1. Федотенок А. А. Кинематическая структура металлорежущих станков / А. А. Федотенок. — М. : Машиностроение, 1970. — 403 с., ил.
2. Лашнев С. И. Профилирование инструментов для обработки винтовых поверхностей / С. И. Лашнев. — М. : Машиностроение, 1965. — 152 с., ил.

3. Мальков О. В. Профилирование зубьев резбовых фрез с винтовыми стружечными канавками / О. В. Мальков // *Science and education. Scientific periodical of the Bauman MSTU*, 2013. — Вып. 6. — С.37–54.
4. Мальков О. В. Определение профиля передней поверхности в торцевом сечении зубьев резбовых фрез с винтовыми стружечными канавками / О. В. Мальков // *Электрон. журн. МГТУ им. Н. Э. Баумана: Наука и Образование*. — 2014. — Вып. 10. — С. 44–59.
5. Семенченко И. И. Проектирование металлорежущих инструментов / И. И. Семенченко, В. М. Матюшин, Г. Н. Сахаров; под ред. И. И. Семенченко. — М. : ГНТИ Машилит, 1963. — 953 с., ил.
6. Родин П. Р. Основы проектирования режущих инструментов / П. Р. Родин. — К. : Высш. шк., 1990. — 424 с., ил.
7. Панчук К. Л. Компьютерное графическое профилирование дискового инструмента для обработки винтовых поверхностей / К. Л. Панчук, В. Ю. Поликов, И. В. Бутко // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*, 2011. — Вып. 3. — С. 69–74.

**Рекомендована к печати к.т.н., проф. Рутковским Ю.А.,
гл. механиком по капитальному ремонту ПАО "АМК" Хорунжим А.А.**

Статья поступила в редакцию 11.11.15.

**к.е.н. Зинченко А.М., к.т.н. Кучма С.М., Стародубов С.Ю. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
ПРОФІЛЮВАННЯ РІЗЕНАРІЗНОГО ІНСТРУМЕНТА, ЩО ПРАЦЮЄ МЕТОДОМ
ДОТИКУ**

Розроблена методика графоаналітичного визначення вихідної формоутворювальної поверхні при профілюванні різенарізного інструмента, що працює методом дотику: дискових фрез, вихрових головок тощо.

Ключові слова: різенарізація, профілювання різенарізного інструмента, вихрова головка, дискова різенарізна фреза, вихідна формоутворювальна поверхня.

PhD in Economics Zinchenko A.M., PhD in Engineering Kuchma S.N., Starodubov S.Y. (Don-STU, Alchevsk, LPR)

PROFILING OF THREAD-CUTTING TOOL WORKING THROUGH SURFACE CONTACT

Method of semigraphical definition of the initial forming surface was developed for thread-cutting tool profiling working through surface contact i.e. disk cutters, whirling heads etc.

Key words: thread cutting, profiling of thread-cutting tool, whirling head, single-thread cutter, initial forming surface.

УДК 62-133.2+669

к.т.н. Левченко Э.П.,
студ. Сомченко А.А.,
студ. Матвейчук А.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

СИНТЕЗ МОДЕЛИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ НА ОСНОВЕ БИОМЕХАТРОНИКИ НОГИ ЧЕЛОВЕКА

Представлена биомехатронная модель нижней конечности, структурированы классы кинематических пар, из которых она синтезирована и виды движений звеньев, рассчитана степень подвижности модели.

Ключевые слова: биомеханика, кинематическая модель, нижняя конечность, степень подвижности, структурный анализ, кинематическая пара.

В настоящее время проблеме двигательной активности нижних конечностей, в том числе и ноги человека, уделяется значительно меньшее внимание, чем верхним конечностям. Это вызвано, скорее всего тем, что в процессах жизнедеятельности и труда основополагающую роль все же выполняют верхние конечности с помощью которых производится подавляющее большинство различных операций. Роль нижних конечностей отходит на второй план, хотя известно, что управление некоторыми техническими средствами, такими, например, как транспортные, спецтехника и другие, частично происходит с помощью ног человека. Анализ литературных источников, показывает, что модели нижних конечностей в основном применяются в медицинской практике, а в качестве движителя встречаются пока лишь технические предложения в виде пробных моделей, зачастую на уровне курьеза. [1-4]. Отсюда известна стопоходящая машина П.Л. Чебышева и другие, а также различные роботы. В горнодобывающей промышленности широкое применение нашли карьерные шагающие экскаваторы типа ЭШ-100/100 [4].

В медицине, в виду сложности организации поступательного движения, широкое распространение получили вращательные кинематические пары, что находит применение в инвалидных колясках, заменяющих ходьбу человека. Хотя известны коля-

ски, способные перемещаться по ступенькам, но обладающие высокой стоимостью. В последнее время широкое применение находят протезы, заменяющие движение ноги упругими движениями пружинного элемента и, даже, с пассивными пружинами управляемыми микропроцессором [5] с сенсорным контуром обратной связи (рис.1). Стоимость такого роботизированного сустава голеностопа составляет около 10 тыс. долларов.



Рисунок 1 – Протез PowerFoot One

Задачей статьи является составление кинематической модели нижней конечности человека, выявление и анализ кинематических пар и определение степени подвижности данной модели.

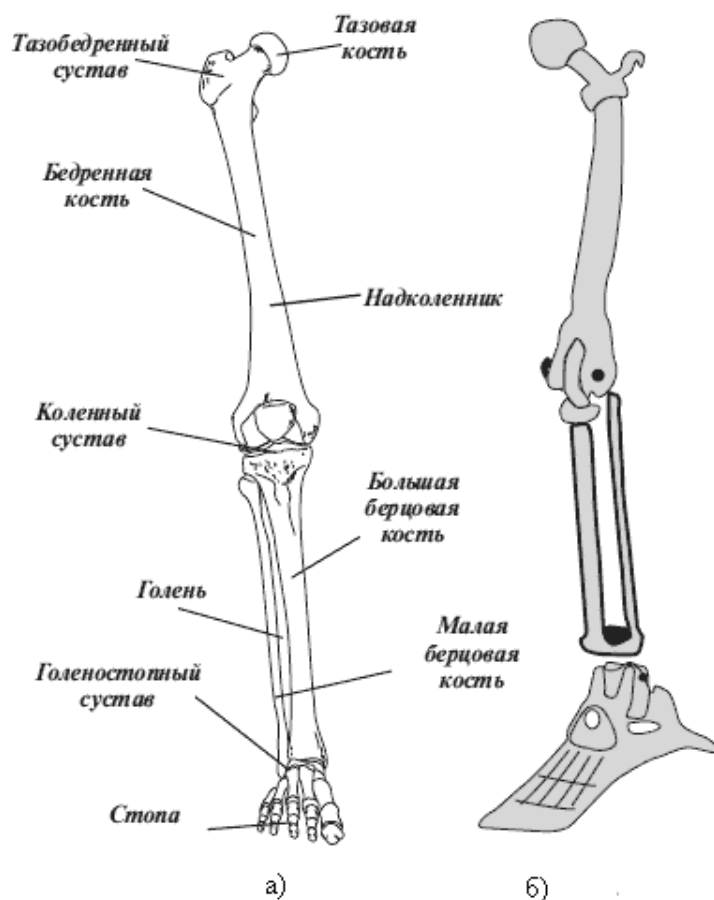


Рисунок 2 – Биомеханическая и механическая модели ноги человека

В биомехатронике рассматриваются кинематические модели нижних конечностей, но применительно к естественному строению человека, достаточно хорошо описана модель, включающая в себя тазобедренный сустав, бедренную кость, коленный сустав, голень, голеностопный сустав и стопу, что показано на рисунке 1а, а её механическая модель на рисунке 1б.

Коленный сустав работает как цилиндрический шарнир с пределами сгибания-разгибания около 140-170 градусов, при этом полусогнутый сустав допускает вращение голени до 40-60 градусов. В настоящее время известны различные модели верхних конечностей человека, которые в различной степени приближаются к истинному её строению. Наличие большого количества звеньев, образующих кинематическую цепь нижней конечности создают

сложности её практической реализации. Рассмотренные биомехатронные модели не являются универсальными, а служат лишь определенным целям, для которых они предлагаются. Достижение же полного приближения к естественной организации нижней конечности на сегодняшний день пока еще затруднительно, но стремительное развитие технических систем уже, возможно в ближайшем будущем, может в корне изменить эту ситуацию.

В результате анализа известных наработок по моделированию нижних конечностей можно сделать вывод об их многочисленном разнообразии, однако они не учитывают всей полноты естественных возможностей ноги человека. Все зависит от тех задач, которые ставят перед собой исследователи в каких-то конкретных случаях. Поэтому, очень актуальным

является любая модель, которая дает возможность, как можно более полно учесть все биомеханические способности человека в его двигательных функциях или позволяющая использовать какие либо частные функции при выполнении поставленных прикладных задач.

Удобным методом изучения технических конструкций является структуризация, заключающаяся в разбиении целого на элементарные составляющие с последующим изучением их частных возможностей и свойств.

Такой подход широко применяется в теории механизмов и машин, как основополагающий при изучении кинематических пар, из которых состоят любые механизмы. Причём, на основе известных кинематических пар, как на базе конструктора, возможно создание любого нового механизма, который, по своим функциональным способностям, может значительно отличаться от ранее известных, созданных из тех же кинематических пар.

Воспользуемся методикой структурного анализа, основанного на классификации кинематических пар в технике, предложенных Л.В. Ассуром. Для этого составим кинематическую схему в виде модели ноги человека, учитывающую наиболее используемые перемещение звеньев относительно друг друга на основе вращательного движения, представленную на рисунке 1.

Выявим кинематические пары, входящие в данную модель, проанализируем их класс и вид движения, при этом условно считаем, что звенья движутся относительно корпуса тела человека, как неподвижного звена. Структурируем полученную модель (табл. 1).

1-2 – кинематическая пара III класса, вращательная – p_3 (соединение корпуса тела человека с бедром);

2-3 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 (сочленение бедра и голени);

3-4 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 (голень-стопа);

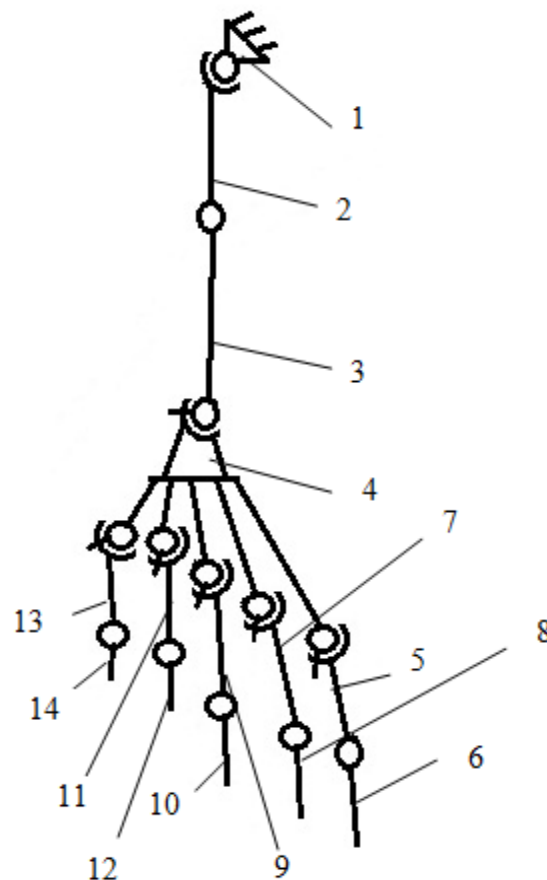


Рисунок 3 – Кинематическая модель ноги человека

4-5 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

5-6 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

4-7 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

7-8 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

4-9 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

9-10 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

4-11 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;






11-12 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

4-13 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

13-14 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 .

МЕХАНИКА

Таблица 1 – Виды кинематических пар, входящих в модель нижней конечности

Кинематическая пара	Эскиз	Условное обозначение	Название пары	Класс пары	Символ пары	Способ контакта	Способ замыкания
1-2			Сферическая	III	p_3	По площади	Геометрическое
3-4 4-5 4-7 4-9 4-11 4-13			Сферическая с пальцем	IV	p_4		
2-3 5-6 7-8 9-10 11-12 13-14			Вращательная	V	p_5		

Применив формулу Сомова-Малышева [7], определим число возможных независимых перемещений (степень подвижности) кинематической цепи, представленной на рисунке 1.

$$W = 6 \cdot n - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3 - 2 \cdot p_2 - p_1.$$

В рассматриваемой кинематической схеме все кинематические пары вращательного типа, из них III класса – 1 штука, IV класса – 6 штук, V класса – 6 штук.

Степень подвижности такой пространственной модели, ввиду отсутствия кинематических пар I и II класса, выразится сокращённой формулой:

$$W = 6 \cdot n - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3,$$

где $n=13$; $p_5=6$, $p_4=6$, $p_3=1$

$$W = 6 \cdot 13 - 5 \cdot 6 - 4 \cdot 6 - 3 \cdot 1 = 21.$$

Принимая во внимание, что стопа относительно голени у человека имеет возможность вращения во всех трех независимых плоскостях, т.е. на самом деле образует собой кинематическую пару 3-4 III класса, уточним степень подвижности кинематической модели с учетом такой особенности.

Тогда $n=13$; $p_5=6$, $p_4=5$, $p_3=2$.

$$W = 6 \cdot 13 - 5 \cdot 6 - 4 \cdot 5 - 3 \cdot 2 = 22.$$

Строение стопы и ее костей представлены на рисунке 4, откуда видно, что на самом деле кинематических пар в стопе больше, чем в рассматриваемой модели.



Рисунок 4 – Строение стопы человека

Однако, их значением, с целью упрощения, можно пренебречь из-за мизерного влияния, ввиду сильного ограничения подвижности пяти костей, с которыми соединяются пальцы соединительными тканями,

что практически исключает использование этих костей в двигательной функции.

Таким образом, число возможных независимых перемещений модели нижней конечности увеличивается всего на единицу, но это придает ей дополнительную опорную устойчивость при опирании на поверхность, что является существенным преимуществом. Поэтому, такая модель является более предпочтительной с практической точки зрения повышения надежности вертикальной устойчивости при ходьбе.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Предложена кинематическая модель нижней конечности в виде четырнадцатизвенной разомкнутой кинематической цепи с вращательными кинематическими парами. Определена степень подвижности предложенной модели нижней конечности.

Результаты кинематического моделирования могут быть применены при создании искусственных органов нижних конечностей, а так же в виде движителей искусственно создаваемых человеком механизмов.

Библиографический список

1. Платонов А. К. Методы биомехатроники тренажера руки человека [Электронный ресурс] / А. К. Платонов, А. А. Фролов, Е. В. Бирюкова и [др.] // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. — 2012. — № 82. — 40 с. — Режим доступа: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2012-82>.
2. Чебышева П. Л. Механизмы / П. Л. Чебышева. — Юный техник, 1956. — № 4. — С. 61–63.
3. Брискин Е. С. Шагающие машины со сдвоенными ортогональными движителями / Е. С. Брискин, Я. В. Калинин // Газета Волгоградского политехнического университета. — Политехник, 2010. — №1291 (35). — С. 7.
4. Ваннах М. Стопоходы будущего, или зачем Google купила Boston dynamics [Электронный ресурс] / М. Ваннах. — Режим доступа: <http://www.computerra.ru/90118/stopohodyi-ot-google/>
5. Биконические протезы ног выносившее оригинала [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://nlo-mir.ru/tech/35157-bionicheskie-protezy-nog-vynoslivee-originala.html>.
6. Кадочников А. А. Один на один с врагом. Русская школа рукопашного боя / А. А. Кадочников. — М. : Феникс, 2006. — 440 с.
7. Заблонский К. И. Теория механизмов и машин : учебник / К. И. Заблонский, Б. М. Щекин. — К. : Выси. шк.. Головное издательство, 1989. — 376 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ЛГУ им. Даля Харламовым Ю.А.,
к.т.н., проф. ДонГТУ Ульяницким В.Н.

Статья поступила в редакцию 10.11.15.

к.т.н. Левченко Е.П., студ. Сомченко О.О., студ. Матвейчук О.С. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
СИНТЕЗ МОДЕЛІ НИЖНЬОЇ КІНЦІВКИ НА ОСНОВІ БІОМЕХАТРОНІКИ НОГІ ЛЮДИНИ

Представлено біомехатронну модель нижньої кінцівки, сконструйовано класи кінематичних пар, з яких вона синтезована та види руху ланок, розраховано ступінь рухомості моделі.

Ключові слова: біомеханіка, кінематична модель, нижня кінцівка, ступінь рухомості, структурний аналіз, кінематична пара.

PhD in Engineering Levchenko O.A., Student Somchenko A.A., Student Matveichuk A.S.
(DoSTU, Alchevsk, LPR)

SYNTHESIS OF LOWER LIMB MODEL ON THE BASIS OF HUMAN LEG BIOMECHATRONICS

Lower limb biomechatronical model is presented, grades of kinematic pairs, which it is synthesized from and moving patterns were created, and model's degree of freedom was calculated.

Key words: biomechatronics, kinematic model, lower limb, degree of freedom, structural analysis, kinematic pairs.

УДК 620.171.2:519.2

к.т.н. Долголаптев В.М.,
Козачишена Е.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАЙНИХ ЗНАЧЕНИЙ ПРОЧНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СТЕКЛА

Приведены результаты обработки механических испытаний на изгиб образцов электровакуумного стекла марки С 90-1 при помощи методов математической статистики.

Ключевые слова: нормальное распределение, среднее квадратичное отклонение, накопленная частота, критерий ω^2 , электровакуумное стекло марки С. 90–1.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Все характеристики механических свойств материалов являются непрерывными случайными величинами. Проведя испытания n образцов, мы вправе ожидать n различных значений интересующей нас характеристики. При этом особый интерес представляет задача о распределении крайних значений. Например, с точки зрения расчетов на прочность, наибольший интерес представляет минимальное значение прочности материала.

Решение данной задачи является сугубо математическим и описано в классических работах таких как [1, 2, 3]. Вместе с тем, следует отметить, что данные работы содержат огромный объем теоретических выкладок, практическое использование которых часто затрудняется отсутствием примеров расчета с численными результатами конкретных испытаний.

Представленный алгоритм определения крайних значений прочности позволяет облегчить обработку результатов механических испытаний и правильно оценить реальные прочностные характеристики образцов.

Постановка задачи. Задачей данной работы является показать, как при помощи методов математической статистики практически определить минимальные значения прочности результатов механических испытаний.

Изложение материала и его результаты.

Проведем обработку результатов испытаний на изгиб образцов из электровакуумного стекла марки С. 90–1 диаметром 4 мм. Испытания проводились по схеме трехточечного изгиба при расстоянии между опорами 100 мм. Полученные значения прочности при изгибе представляют собой случайные величины X_i , которые можно представить в виде вариационного ряда от меньшего значения к большему значению: $X_1 \leq X_2 \leq X_3 \leq \dots X_n$. Задача заключается в подборе функции распределения полученных значений.

Предпримем попытку оценить соответствие результатов испытаний нормальному закону распределения. Проверку гипотезы о нормальности распределения проведем при помощи критерия ω^2 , который рекомендуется использовать при объемах $n \leq 100$ [2].

$$\left\{ \begin{array}{l} n \cdot \omega^2 = \frac{1}{12n} + \sum_{i=1}^n [F(x) - W(x)]^2 \\ F(x < x_i) = 0.5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^{z_i} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right) dz \\ z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S} \\ S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \\ W(x) = \frac{i-0.5}{n} \end{array} \right. , \quad (1)$$

где $F(x)$ – значение функции нормального распределения, вычисленное на основе выборочных значений среднего и среднеквадратичного отклонения; z_i – нормированная случайная величина; i – номер образца в вариационном ряду; \bar{x} – среднее значение; S – среднеквадратичное отклонение; $W(x)$ – накопленная частота; n – число значений случайной величины x .

После вычисления $n\omega^2$ составляют неравенство

$$n\omega^2 \leq z_\alpha, \quad (2)$$

где z_α – критическое значение критерия $n\omega^2$; α – уровень значимости.

Значения z_α можно найти в таблице 7.3.4 работы [1] или таблице II работы [2].

Необходимые расчеты для проверки гипотезы о нормальности распределения производим при помощи формул (1) и сводим в таблицу 1. Среднее значение прочности составило $\bar{x} = 89,6$ МПа, среднеквадратичное отклонение $S = 15,55$ МПа,

коэффициент вариации $v = \frac{15,55}{89,60} = 0,174$.

Таблица 1 – Проверка гипотезы о нормальности распределения с помощью ω^2 критерия

i	x_i , МПа	$x_i - \bar{x}$, МПа	z_i	$F(x_i)$	$W(x_i)$	$F(x_i) - W(x_i)$
1	60,7	-28,90	-1,8585	0,0315	0,0417	0,0102
2	72,4	-17,20	-1,1061	0,1344	0,1250	0,0094
3	82,8	-6,80	-0,4373	0,3310	0,2083	0,1227
4	84,0	-5,60	-0,3601	0,3594	0,2917	0,0677
5	85,1	-4,50	-0,2894	0,3861	0,3750	0,0111
6	86,5	-3,40	-0,1993	0,4210	0,4583	0,0373
7	88,1	-1,50	-0,0965	0,4616	0,5417	0,0801
8	93,8	4,20	0,2701	0,6054	0,6250	0,0196
9	97,9	8,30	0,5338	0,7032	0,7083	0,0051
10	100,4	10,80	0,6945	0,7563	0,7917	0,0354
11	100,9	11,30	0,7267	0,7663	0,8750	0,1087
12	122,6	33,00	2,1222	0,9831	0,9583	0,0248

Найденное значение $n\omega^2 = 0,0488$ удовлетворяет условию формулы (2) при уровне значимости $\alpha > 0,5$ ($z_{0,5} = 0,1184$), т.е. для статистической обработки полученных результатов оправдано применение нормального закона распределения. В этом случае для определения крайних значений возможно использование асимптотических формул согласно [3].

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &\approx \bar{X} - S\sqrt{\ln n} \\ S_1 &= \frac{\pi \cdot S}{\sqrt{6 \cdot \ln n}}, \end{aligned} \quad (3)$$

где \bar{X}_1 – математическое ожидание минимального значения случайной величины X ; \bar{X} – среднее значение; S – средне

квадратичное отклонение для \bar{X} ; S_1 – среднеквадратичное отклонение для \bar{X}_1 ; n – число значений случайной величины X .

Для исследуемых испытаний

$$\begin{aligned} \bar{X}_1 &\approx 89,6 - 15,55 \cdot \sqrt{\ln 12} \approx 65,1 \text{ МПа}; \\ S_1 &= \frac{\pi \cdot 15,55}{\sqrt{6 \cdot \ln 12}} = 12,65 \text{ МПа}. \end{aligned}$$

Определить значение X , при котором гарантированная доверительная вероятность обнаружить неравенство $65,1 \text{ МПа} > X$ была бы равна 95 %, можно по формуле

$$X_{0,95} = \bar{X}_1 - 1,64 \cdot S_1. \quad (4)$$

Следовательно, минимальное значение прочности результатов механических ис-

пытаний на изгиб образцов из электровакуумного стекла марки С 90-1 составит

$$X_{0,95} = 65,1 - 1,64 \cdot 12,65 = 44,35 \text{ МПа}.$$

Выводы и направление дальнейших исследований.

Предложенный в статье алгоритм позволяет при помощи методов математической статистики практически определить минимальные значения прочности результатов механических испытаний и может быть использован при статистической обработке любых числовых данных, представленных в виде вариационного ряда. При проверке гипотезы о нормальности распределения при ограниченном объеме выборки ($n \leq 50$) также целесообразно ис-

пользование критерия согласия Шапиро-Уилка W . Дальнейшие исследования могут быть направлены на оценку влияния условий проведения механических испытаний на прочностные характеристики образцов при помощи различных критериев и методов статистической обработки полученных результатов. Найденное минимальное значение прочности при изгибе электровакуумного стекла марки С. 90-1, создает предпосылки для прогнозирования на основе прочностных расчетов возможности использования данного стекла в качестве конструктивного материала.

Библиографический список

1. Смирнов Н. В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений / Н. В. Смирнов, И. В. Дунин-Барковский. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Наука, 1965. — 511 с.
2. Степнов М. Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний / М. Н. Степнов. — М. : Машиностроение, 1972. — 231 с.
3. Болотин В. В. Статистические методы в строительной механике / В. В. Болотин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Стройиздат, 1965. — 279 с.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ЛГУ им. Даля Харламовым Ю.А.,
к.т.н., проф. ДонГТУ Ульяницким В.Н.*

Статья поступила в редакцию 11.11.15.

к.т.н. Долголаптев В.М., Козачишена О.С. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ ЗНАЧЕНЬ МІЦНОСТІ ШЛЯХОМ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ МЕХАНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ СКЛА

Наведено результати обробки механічних випробувань на згинання зразків електровакуумного скла марки С. 90-1 за допомогою методів математичної статистики. Отримані дані утворюють передумови для прогнозування на ґрунті розрахунків міцності можливості використання даного скла в якості конструкційного матеріалу.

Ключові слова: нормальне розподілення, середньоквадратичне відхилення, накопичена частота, критерій ω^2 , електровакуумне скло марки С. 90-1.

PhD in Engineering Dolgolaptev V.M., Kozachishena E.S. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

END-POINT STRENGTH VALUES DEFINITION AT PROCESSING THE RESULTS OF MECHANICAL TESTS ON GLASS

Mathematical statistics methods have been used for mechanical bending tests on electron-tube glass samples C 90-1 with the treatment results given. Obtained data create the prerequisites for prognosticating the opportunities of using the glass as a structural material basing the structural analysis.

Key words: normal distribution, root-mean-square deviation, cumulative frequency, criterion ω^2 , electron-tube glass C 90-1.

УДК 62-133.2+669

к.т.н. Левченко О.А.,
студ. Матвейчук А.С.,
студ. Сомченко А.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РУКИ ЧЕЛОВЕКА

Разработана кинематическая модель руки человека и проведен структурный анализ кинематических пар с определением их класса и степеней подвижности. Определена общая степень подвижности представленной кинематической модели.

Ключевые слова: кинематическая модель, рука человека, верхняя конечность, степень подвижности, структурный анализ, кинематическая пара.

Анализ работы руки человека и создание её кинематической модели, с учётом робототехнической инженерии, в современных условиях является перспективным научно-техническим заданием, как с точки зрения решения вопросов автоматизации различных отраслей промышленности, так и в медицинских целях у людей с нарушениями работы или потерей верхних конечностей [1].

Кроме того, в современных условиях ведущие компании в высокоразвитых в технологическом отношении странах строят свою перспективную политику области создания различных роботов, в том числе как управляемых, с помощью персонального компьютера, так и с применением искусственного интеллекта, в частности, бытового назначения [2]. В профессиональном спорте для достижения выдающихся результатов является необходимым знание и использование теоретических основ оптимизации технологии обучения на основе теории построения движений, органически связанной с изучением кинематических пар в теле человека, в частности и в конечностях [3].

Задачей данной статьи является выявление кинематических пар, образующих кинематическую цепь модели верхней конечности человека, анализ их относительного движения и степени подвижности модели в целом.

В настоящее время известны различные модели верхних конечностей человека, которые в различной степени приближаются к

истинному её строению. Однако, из-за большого количества звеньев, входящих в кинематическую цепь руки и сложности её построения, как биомеханической системы, такие варианты являются лишь приближенными и не отражают всей полноты гармоничной организации естественного процесса эволюции человека.

Простейшая биомеханическая модель руки человека состоит из трёх твёрдых тел: плечо, предплечье и кисть, соединённых между собой идеальными шарнирами, моделирующими плечевую, локтевую, и лучезапястный суставы (рис. 1).

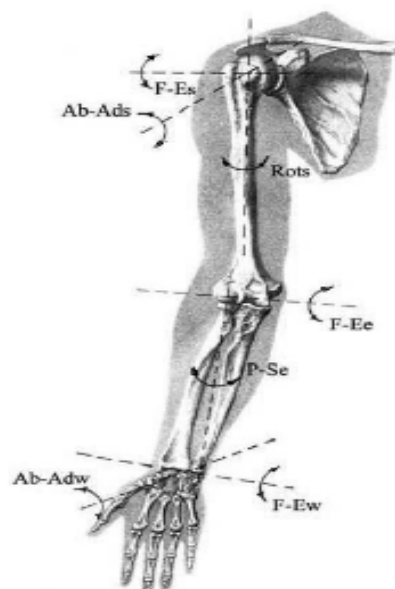


Рисунок 1 – Биомеханическая модель руки человека

Три степени подвижности в плечевом суставе связывают с движением – F-Es плеча в продольной (сагиттальной) плоскости тела, движением – Ab-Ads плеча в поперечной (фронтальной) плоскости тела и вращением осей сустава локтя относительно продольной оси плеча (Rots).

Локтевой сустав моделируется шарниром с двумя степенями свободы, соответствующими вращению предплечья относительно плеча – F-Ee вращению лучевой кости относительно локтевой – P-Se. В результате пронации – супинации происходит вращение кисти относительно продольной оси предплечья. Лучезапястный сустав также моделируется шарниром с двумя степенями свободы, соответствующими сгибанию – разгибанию (F-Ew) и отведению – приведению (Ab-Adw) кисти относительно предплечья. Таким образом, модель руки, не включающая пальцы, имеет семь степеней свободы, соответствующих семи независимым вращениям в суставах руки: трем – в плечевом, двум – в локтевом и двум – в лучезапястном.

Утверждается, что это справедливо для подавляющего большинства движений верхней конечности [4]. В данном случае плечевой сустав моделируется шаровым шарниром с тремя степенями свободы. Шарнир обеспечивает произвольные вращения плеча относительно центра сустава, которые могут быть описаны любым способом изменений ориентации твёрдого тела при движении вокруг неподвижной точки, например, тремя углами Эйлера или углами вращений вокруг фиксированных осей, связанных с телом человека.

Таким образом, в литературных источниках представлено большое разнообразие разных моделей, построенных для определенных целей и сфер жизнедеятельности человека.

Одним из известных и самых распространенных способов, позволяющих изучить строение кинематической цепи в такой дисциплине, как теория механизмов и машин, является метод структурного ана-

лиза, заключающийся в разбиении целого механизма на составные части с последующим изучением их свойств. В данном случае внимание будет уделяться кинематическим парам, представляющими собой подвижные соединения двух звеньев. Такая методика позволяет определить вид кинематической пары по относительному движению её звеньев, класс по классификации Л.В. Ассура – И.И. Артоболевского и рассчитать степень подвижности кинематической цепи по формуле Сомова-Малышева для пространственных механизмов, звенья которых могут двигаться в разных взаимно-перпендикулярных плоскостях [5]:

$$W = 6 \cdot n - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3 - 2 \cdot p_2 - p_1,$$





где n – число подвижных звеньев; p_5 – количество кинематических пар V класса; p_4 – количество кинематических пар IV класса; p_3 – количество кинематических пар III класса; p_2 – количество кинематических пар II класса; p_1 – количество кинематических пар I класса.

Известные разновидности кинематических пар представлены в таблице 1 [5].

При этом, кинематические пары первого и пятого классов применяются в технике очень редко, а в биологических моделях вообще отсутствуют. Зубчатая кинематическая пара в искусственных механизмах, используемая для передачи и преобразования движения по различным параметрам, у живых организмов не встречается, за исключением механизма движителя цикад. Она представляет собой, миниатюрную зубчатую передачу. Оказалось, что у этих цикад основания бедер задних ног имеют ряд миниатюрных отростков, напоминающих зубья шестерни. Перед самым толчком насекомое сводит ноги так, что зубья одной ноги входят в зацепление с зубьями другой, что и обеспечивает практически идеальную синхронность движений обеих конечностей при прыжках [6].

МЕХАНИКА

Таблица 1 – Виды кинематический пар и их свойства

Эскиз	Условное обозначение	Название пары	Класс пары	Способ контакта	Способ замыкания
		Вращательная	V	По площади	Геометрическое
		Поступательная	V	По площади	Геометрическое
		Винтовая	V	По площади	Геометрическое
		Цилиндрическая	IV	По площади	Геометрическое
		Сферическая	III	По площади	Геометрическое
		Сферическая с пальцем	IV	По площади	Геометрическое
		Цилиндр-плоскость	II	Линейный	Силовое
		Шар-плоскость	I	Точечный	Силовое
		Зубчатая	IV	Линейный	Силовое

Представим кинематическую схему модели руки человека в виде изображённой на рисунке 2. Пронумеруем звенья, из которых состоят кинематические пары, за стойку приняв корпус тела человека.

Выделим кинематические пары, начиная с неподвижного звена (корпуса), определим их вид движения и класс.

На рисунке 2 показана кинематическая схема модели верхней конечности человека, в которой учтены только значимые при выполнении движений кинематические пары, а оказывающими слабое влияние на подвижность руки в целом кинематическими парами пренебрежено.

Структурируем кинематические пары в модели руки при следующих допущениях:

1. За неподвижное звено условно примем корпус тела человека (туловище), соединенное с плечом сферическим шарниром.

2. Локтевое соединение, представляющее собой цилиндрический шарнир, представим сферическим шарниром с пальцем, т.к. он способствует вращательному движению кисти вокруг предплечья, а само запястье таким движением в полной мере не обладает.

3. Ввиду сильной неподвижности костей ладони, исключим пять суставов, соединяющих пальцы, оставив только их фаланги (рис.3).

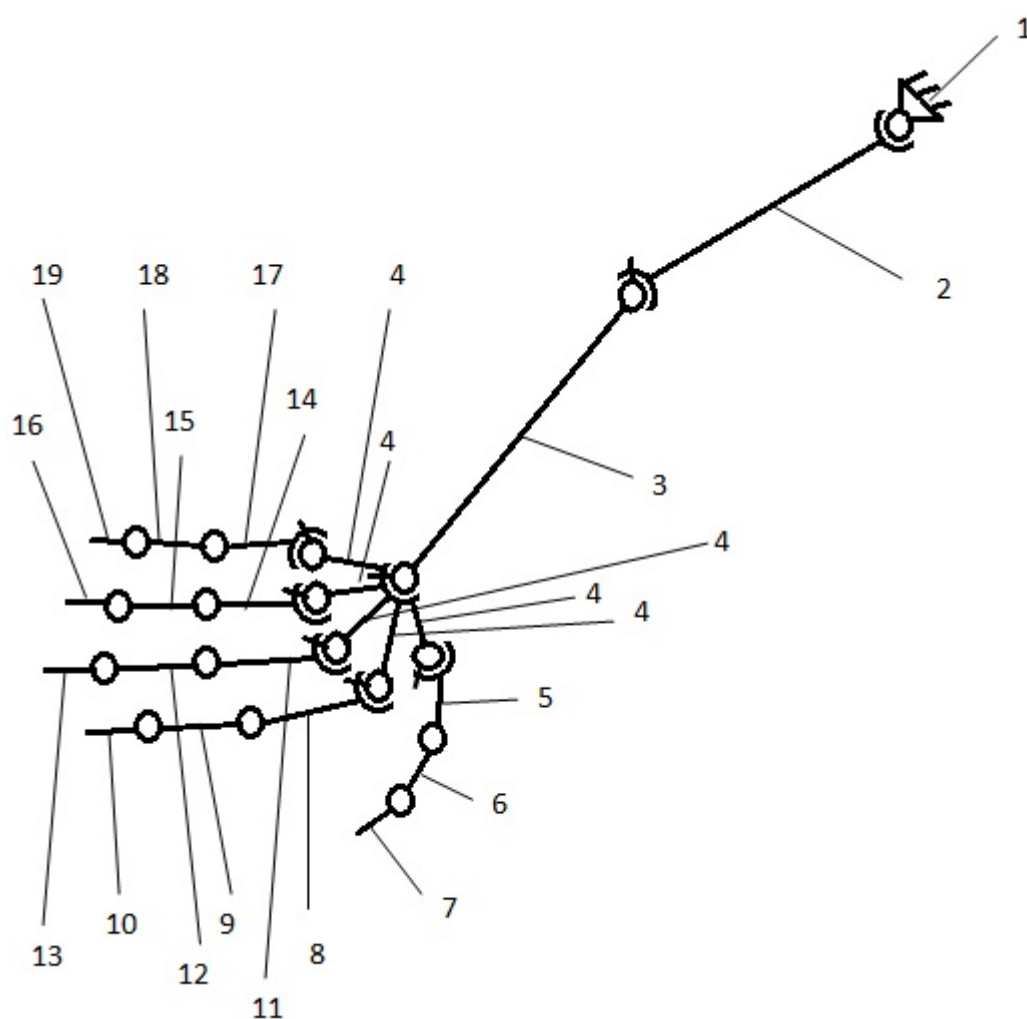


Рисунок 2 – Кинематическая схема модели верхней конечности человека

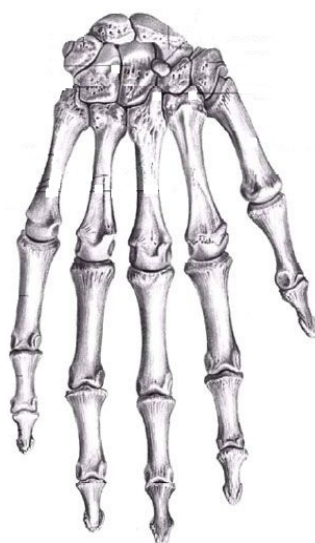


Рисунок 3 – Строение кисти руки

Из анализа кинематических пар на рисунке 2 имеем:

1-2 – кинематическая пара III класса, вращательная – p_3 (соединение корпуса тела человека с плечом);

2-3 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 (сочленение плеча и предплечья);

3-4 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 (соединение предплечья с кистью);

4-5 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

5-6 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

6-7 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

4-8 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

8-9 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

9-10 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

4-11 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

11-12 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

12-13 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

4-14 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

14-15 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

14-16 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

4-17 – кинематическая пара IV класса, вращательная – p_4 ;

17-18 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 ;

18-19 – кинематическая пара V класса, вращательная – p_5 .

В рассматриваемой кинематической схеме все кинематические пары являются вращательными, из них III класса – 1 штука, IV класса – 7 штук, V класса – 10 штук.

Степень подвижности такой пространственной модели, ввиду отсутствия кинематических пар I и II класса выразится сокращённой формулой:

матических пар I и II класса выразится сокращённой формулой:

$$W = 6 \cdot n - 5 \cdot p_5 - 4 \cdot p_4 - 3 \cdot p_3,$$

где $n=18$; $p_5=10$; $p_4=7$; $p_3=1$.

$$W = 6 \cdot 18 - 5 \cdot 10 - 4 \cdot 7 - 3 \cdot 1 = 27.$$

Часто, в аналогичных моделях, локтевой сустав представляют в виде кинематической пары V класса, а соединение кисти с предплечьем, как кинематическую пару IV класса. В этом случае $p_3=2$, $p_4=6$; $p_5=11$, а степень подвижности:

$$W = 6 \cdot 18 - 5 \cdot 11 - 4 \cdot 6 - 3 \cdot 2 = 23.$$

Таким образом, число возможных независимых перемещений звеньев модели существенно снижается, что для кинематической цепи в целом означает потерю возможностей на 15,2 %.

С точки зрения практической реализации данные замещения кинематических пар не представляют никаких трудностей и, практически, не влияют на сложность или экономическую составляющую проекта изготовления верхней конечности. Ну, а так как управление пространственным механизмом все равно требует микропроцессорного слежения по разработанной программе или в режиме самообучения, то ограничение степени свободы механизма не является рациональной, в связи с тем, что это приводит к снижению его потенциальных возможностей.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Синтезирована модель верхней конечности человека в виде девятнадцатизвенной разомкнутой кинематической цепи. Все кинематические пары, входящие в состав модели вращательные. Степень подвижности – 27.

Результаты кинематического моделирования могут быть использованы при создании кибернетических механизмов пространственного типа, облегчающих деятельность человека или применяемых при протезировании людей, не имеющих верхних конечностей.

Библиографический список

1. Платонов А. К. Методы биомехатроники тренажера руки человека [Электронный ресурс] / А. К. Платонов, А. А. Фролов, Е. В. Бирюкова и [др.] // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. — 2012. — № 82. — 40 с. — Режим доступа: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2012-82>.
2. Robotbase – Ещё один личный робот. — Режим доступа: <http://www.robo-geek.ru/bytovye-roboty/robotbase-esche-odin-lichnyi-robot>.
3. Зайцева Л. С. Биомеханические основы строения ударных действий и оптимизация технологии обучения (На примере тенниса): автореф. дис. на соискание научн. степени докт. пед. наук: спец. 01.02.08. "Биомеханика" / Л. С. Зайцева. — Москва, 2000. — 21 с.
4. Winter D. A. Biomechanics and motor control in human movement (Se-cond ed.) / D. A. Winter. — NewYork: JohnWiley and Sons, 1990.
5. Заблонский К. И. Теория механизмов и машин: учебник / К. И. Заблонский, Б. М. Щекин. — К.: Высш. шк.. Головное издательство, 1989. — 376 с.
6. Malcolm Burrows. Interacting gears synchronize propulsive leg movements in a jumping insect / Malcolm Burrows, Gregory Sutton. — Science, 2013. — V. 341. — P. 1254–1256. Doi:10.1126/science.1240284. — Режим доступа: <http://www.sciencemag.org/content/341/6151/1254>

**Рекомендована к печати д.т.н., проф. ЛГУ им. Даля Харламовым Ю.А.,
к.т.н., проф. ДонГТУ Ульяницким В.Н.**

Статья поступила в редакцию 10.11.15.

к.т.н. Левченко О.О., студ. Матвейчук О.С., студ. Сомченко О.О.
(ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

КІНЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТА СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ РУКИ ЛЮДИНИ

Розроблено кінематичну модель руки людини та проведено структурний аналіз кінематичних пар з визначенням їх класу та ступеню рухомості. Визначено загальну ступінь рухомості приведеної кінематичної моделі.

Ключові слова: кінематична модель, рука людини, верхня кінцівка, ступінь рухомості, структурний аналіз, кінематична пара.

PhD in Engineering Levchenko O.A., Student Matveichuk A.S., Student Somchenko A.A.
(DonSTU, Alchevsk, LPR)

KINEMATIC MODEL AND STRUCTURAL ANALYSIS OF MAN'S ARM

Kinematic model of man's arm was designed and structural analysis of the kinematic pairs was made along with their classification and ranging according to degree of freedom. The general degree of freedom of the proposed kinematic model was determined.

Key words: kinematic model, man's arm, upper limb, degree of freedom, structural analysis, kinematic pairs.

УДК 62-133.2+669

Власенко Д.А.,
к.т.н. Левченко Э.П.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КУСКОВОЙ ИЗВЕСТИ В ДРОБИЛКАХ УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ПОДВЕСА БИЛ

Методом сравнительного анализа затрат кинетической энергии исследованы энергозатраты на дробление кусковой извести в молотковых дробилках с жестким и шарнирным подвесом бил к ротору. В результате теоретического анализа выявлено преимущество жесткого крепления бил.

Ключевые слова: роторная дробилка, молотковая дробилка, била, энергия удара, шарнирный подвес, жесткий подвес.

Проблемы повышения качества материалов в агломерации методами диспергирования исходных компонентов сырья в различных дробильно-измельчительных машинах, для образования рационального фракционного состава, считаются главенствующими в связи с непосредственным оказанием влияния на технологические особенности процесса агломерации, а также и на потребительские свойства готового агломерата, используемого в доменном производстве для выпуска чугуна [1].

На сегодняшний день в металлургической отрасли для производства железорудного сырья, при дроблении флюсов, в том числе и известняка, в агломерационном производстве широко применяют молотковые дробилки, разрушающие материал за счет накопленной кинетической энергии вращающегося ротора передающейся ударным способом материалу посредством молотков, свободно подвешенных на роторе с помощью шарниров [2]. Такое шарнирное крепление позволяет повысить надежность работы дробилок и избежать поломок их несущих деталей при попадании не дробимых предметов за счет отклонения молотков при взаимодействии с ними. Однако, вследствие нежесткого крепления молотков, происходит нерациональная потеря энергии на их отклонение от радиального положения, вызванного действием центробежных сил, расходуе-

мых на восстановление устойчивого динамического положения молотков при их отклонении от этого положения. Кроме того, обобщенный ударный импульс всей системы вращающихся элементов рассеивается в шарнирах, полезная работа разрушения переходит во вредные силы сопротивления, вызванные трением в шарнирах подвески дробящих элементов.

При таком конструктивном подходе электродвигатель дробилки потребляет большую электроэнергию для восстановления отклонения молотков от радиального положения. И чем на больший угол отклоняются молотки, тем выше затраты энергии и степень ее нерационального использования. Помимо этого, в значительной степени ухудшаются условия измельчения кускового известняка, так как не вся энергия молотков переходит в энергию разрушения материала при их взаимном соударении из-за отсутствия жесткости всей ударной системы и ее независимой подвески на роторе, кроме того, часть энергии поглощается упругими взаимодействиями отдельных деталей. Это в значительной мере понижает общий коэффициент полезного действия дробильной машины.

С учетом вышеизложенных недостатков в дробильно-измельчительной технике существует класс машин с жестким подвесом бил к ротору, именуемых роторными дробилками [2]. Одним из их положитель-

ных качеств, по сравнению с молотковыми дробилками, является более высокий коэффициент полезного действия. Это достигается тем, что передача ударного воздействия бил на разрушаемый материал осуществляется всей кинетической энергией вращающегося ротора, ввиду его большого момента инерции, за счет очень малого числа кинематических пар при отсутствии шарнирных подвесов бил, как в молотковых дробилках. Эффективность процесса дробления существенно возрастает.

Массовому распространению роторных дробилок мешает повышенная вероятность поломки рабочих органов при их контакте с не дробимыми предметами, так как жесткие била лишены возможности отклонения при ударе с ними, как, например, это осуществляется в молотковых дробилках с шарнирным подвесом молотков. Из-за этого концентрация воздействия разрушающих усилий, передающихся на била, мгновенно возрастает и приводит к резкому, иной раз к мгновенному понижению ресурсной работоспособности.

Целью данных исследований является выявление влияния способов подвеса бил (молотков) к ротору на эффективность процесса измельчения с точки зрения экономии кинетической энергии вращающихся масс.

Изучение влияния качества извести и ее содержания в аглошихте на процессы окомкования и спекания, проведенное Днепропетровским металлургическим институтом (ДМетИ) совместно с Новокрижоворожским горно-обогатительным комбинатом (НКГОК), выявило влияние крупности на процесс спекания агломерата [3].

На НКГОКе исследовано влияние извести, обожженной в циклонной печи (крупность 3-0 мм) и извести, получаемой в кольцевой печи ПОР (крупность 3-12 мм) на показатели спекания агломерата. Доказано, что при одинаковой степени обжига известь, полученная в циклонной печи, обеспечивает увеличение на 6-7 % скорости спекания агломерата и повыше-

ние на 6-7 % выхода класса плюс 5 мм после испытания агломерата в барабане Рубина. А также уменьшение на 7-8 % выхода класса минус 0,5 мм, что обусловлено не только меньшей крупностью извести циклонной печи, но и большей ее активностью по сравнению с известью, полученной в печи ПОР.

Установлена высокая степень влияния на эффективность дробления кусковой извести перед вводом ее в аглошихту [4]. При этом выявлено, что существует определенная «критическая» величина удельной поверхности извести, превышение которой приводит к резкому замедлению улучшения показателей процесса окомкования аглошихты. Эта величина тем больше, чем меньше крупность железорудных компонентов шихты. Например, для концентрата с удельной поверхностью 750 и 1500 см²/г резкое снижение влияния крупности извести происходит в интервале ее удельной поверхности 4000-12000 и 12000-20 000 см²/г соответственно [5].

Добавка 3 % извести в шихту, состоящую из 100 % концентрата, приводит к повышению вертикальной скорости спекания на 37 %. Выход годного агломерата возрастает на 64 %. При этом, добавка 2 % СаО в шихту, содержащую 30 % концентрата, повышает производительность на 25 %, а при 20 % концентрата в шихте такой же расход извести увеличивает производительность процесса лишь на 15,7 % [7]. Отсюда следует, что оптимальный расход извести в шихту тем выше, чем больше содержание в шихте тонких фракций. Количество извести, расходуемое в шихту, определяется и крупностью самой извести. Для достижения оптимальной производительности аглопроцесса при содержании 40 % мелкой железной руды и высокой дисперсности вводимой извести (90 % класса минус 0,074 мм) оказывается достаточным ее содержание в шихте не более 1 % [8].

В производственных условиях аглофабрики металлургического комбината «Запорожсталь» (60 % концентрата в железо-

рудной части шихты и крупности извести 3-12 мм) наибольшая производительность агломашины достигается при содержании 5,7 % извести в шихте [8]. Дальнейшее повышение расхода извести приводит к ухудшению показателей спекания из-за переокомкования шихты. Сопоставление полученных значений оптимального содержания извести в шихте с ее крупностью показывает, что, чем мельче известь, тем ниже уровень ее оптимального расхода.

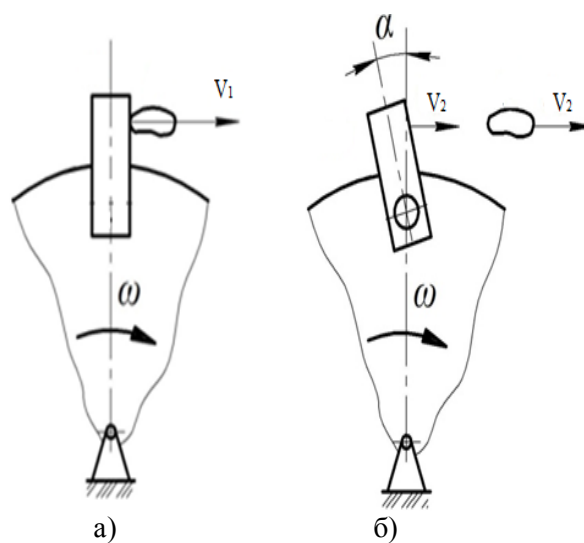
Помимо показателей активности материала важнейшим фактором, определяющим технологическую ценность негашеной извести, является тонкость ее помола. Однако показатели удельной поверхности порошка, по которым принято оценивать качество продукта, дают далеко неполное представление о его реологическом потенциале при взаимодействии с другими веществами. Ударное измельчение не имеет подобных недостатков. Быстрый удар на скоростях >50 м/с дает наивысший выход частиц требуемого размера – до 90 % при полном отсутствии остатка на сите № 008. Это значит, что мельницы быстрого удара, в принципе, более эффективны для помола такого материала, как негашеная известь. Расход энергии в динамических измельчителях, по сравнению с традиционно используемыми шаровыми мельницами, в несколько раз меньше, а благодаря более равномерному зерновому составу, технологические характеристики получаемого продукта выше [9].

Таким образом, условия наложения ударной нагрузки при дроблении извести может привести к существенному экономическому эффекту, достигаемому как за счет улучшения качества готового агломерата, так и повышения производительности процесса агломерации, что является технически достижимым при более мелком гранулометрическом составе при определенных условиях технологии дробления. Однако, существенного внимания для совершенствования конструкций дробилок для этого в настоящее время практически не уделяется.

При подаче извести в дробилку ударно-

го типа, с шарнирным подвесом бил, в молотковой дробилке некоторое количество энергии расходуется на отклонение молотков от радиального своего положения, в результате чего снижается эффективность процесса дробления и коэффициент полезного действия машины. Это обусловлено тем, что импульс от удара по материалу передается молотку и кинетическая энергия, направленная на разрушение частично уходит на преодоление сил инерции молотков и преодоление сил трения в шарнирах их креплений к ротору. В роторных дробилках с жестким креплением бил такое явление отсутствует. Поэтому, рациональным является рассмотрение процессов, влияющих на перераспределение энергии в этих двух типах машин в сравнительном анализе.

Рассмотрим действие одиночных ударов молотков дробилки в момент взаимодействия рабочих органов с частицей известняка, когда противодействием молоткам является инерция кусков. При этом делается допущение, что между сырьем и молотком возникает совершенно неупругий, прямой центральный удар. Кинематические схемы такого процесса представлены на рисунке 1.



1 – жесткая подвеска; 2 – шарнирная подвеска

Рисунок 1 – Виды подвески бил к ротору

МЕХАНИКА

При ударе шарнирно закрепленный молоток массой m_{δ} о кусок материала массой m_m отклоняется на некоторый угол α , при этом скорость снижается с V_1 до V_2 , тогда кинетическая энергия молотка определится по формуле [10]:
до удара:

$$A_1 = \frac{m_{\delta} \cdot V_1^2}{2} \quad (1)$$

после удара:

$$A_2 = \frac{m_{\delta} \cdot V_2^2}{2}, \quad (2)$$

где m_{δ} – масса ударного элемента (била); V_1 – скорость била в момент удара; V_2 – скорость била после удара.

Согласно закону сохранения импульса [10]:

$$m_{\delta}(V_1 - V_2) = m_m \cdot V_2, \quad (3)$$

где m_m – масса куска материала в момент удара.

$$m_{\delta} \cdot V_1 = m_m \cdot V_2 + m_{\delta} \cdot V_2 = V_2(m_m + m_{\delta}). \quad (4)$$

Откуда определяем скорость молотка после удара

$$V_2 = \frac{m_{\delta} \cdot V_1}{m_m + m_{\delta}}. \quad (5)$$

Кинетическая энергия молотка после удара определяется так:
при шарнирной подвеске молотка

$$A_k = \frac{m \cdot V_k^2}{2} = \frac{m^3 \cdot V_0^2}{2(\mu + m)^2}, \quad (6)$$

при жесткой фиксации молотка

$$A_0 = A_k = \frac{m \cdot V_k^2}{2}. \quad (7)$$

Для наглядного сравнения энергозатрат, при жесткой и шарнирной подвеске бил ротора, приведена зависимость кинетической энергии молотка от величины фракции кусков извести представленная в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость кинетической энергии молотка при соударении с материалом

Фракция материала, мм									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Вес куска материала, Н									
	0,09	0,29	0,69	1,35	2,33	3,7	5,52	7,86	10,79
Кинетическая энергия молотка после соударения с материалом, $\times 10^5$ Дж									
При шарнирном креплении	2,905	2,9	2,89	2,87	2,84	2,8	2,75	2,69	2,6
При жестком креплении	2,91								
Потеря энергии молотка, %	0,05	0,3	0,7	1,37	2,41	3,78	5,5	7,6	10,6

При наибольшей крупности известняка происходит максимальная потеря кинетической энергии молотков во время их соударения с частицами и составляет 10,6%. Из анализа полученной зависимости следует, что роторные дробильно-измельчительные машины ударного действия с жестким креплением бил ротора, с точки зрения энергосбережения, являются более предпочтительными, чем молотковые машины с шарнирным креплением молотков. Причем, с увеличением фракционного состава материала, подаваемого на дробление, кинетическая энергия молотка, передаваемая кускам сырья, резко падает.

Выводы и направление дальнейших исследований.

1. Энергия удара шарнирно подвешенного молотка, в молотковой дробилке, существенно снижается при увеличении размера куска дробимого материала, а при жестком креплении она остается постоян-

ной. Таким образом, эффективность в начальной стадии дробления, от использования роторной дробилки, при жесткой фиксации бил будет неизменной.

2. Роторные дробилки с жесткой заделкой бил гораздо эффективнее, чем молотковые дробилки, однако их недостатком является вероятность выхода из строя рабочих органов при попадании не дробимых предметов.

3. Перспективным направлением дробления и измельчения, с точки зрения повышения качества известняка, является синтез новых конструкций дробилок, совмещающих в себе комбинацию жесткого крепления бил в процессе дробления материала при возможности их предохранении от разрушения, например, как в молотковых дробилках, за счет потери жесткости бил в момент контакта с недробимыми телами.

Библиографический список

1. Еронько С. П. Моделирование процесса измельчения материала на одновалковой зубчатой дробилке / С. П. Еронько, Р. А. Удинцов, О. А. Левченко // *Металлургические процессы и оборудование*, 2012. — №1. — С. 17–23.
2. Блохин В. С. Основные параметры технологических машин для дезинтеграции твердых материалов. Ч. 1 : учеб. пособ. / В. С. Блохин, В. И. Большаков, Н. Г. Малич. — Днепропетровск : ИМА-пресс, 2006. — 404 с.
3. Савельев С. Г. Применение в агломерационной шихте извести разной степени обжига / С. Г. Савельев, Р. Д. Каменев, О. Г. Феродов и [др.] // *Изв. вуз. Черная металлургия*, 1980. — № 3. — С. 24–26.
4. Большак В. В. Влияние извести различного качества на процесс производства агломерата / В. В. Большак, Г. С. Васильев, Е. И. Сулеменко // *Тезисы докладов Республиканской научно-технической конференции «Проблемы производства и использования извести в черной металлургии»*. — Днепропетровск, 1979. — С. 63–64.
5. Применение извести при окусковании железорудного сырья [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://calcite.com/publ/stat i/primenenie izvesti pri okuskovanii zhelezorudnogo syrja/ 2-1-0-20>.
6. Filloi A. Effekto de la adicon de cal en la sinterizacion de concentrados y mineralis de hierro de granulometria tina / A. Filloi. — *Revue de Metallurgie CENIM*, 1979. — № 3. — P. 189–192.
7. Didier A. Addition de chaux a l'agglomeration sur grille / A. Didier, J.L. Gerbe, F. Temoi. — *Revue de Metallurgie*, 1980. — № 8–9. — P. 665–674.
8. Масауси О. Спекание мелкой руды с добавлением негашеной извести / О. Масауси. — *Тэцу то хаханэ*, 1980. — Т. 66. — № 11. — С. 673.
9. Липилин А. Б. Ударный помол как действенное средство снижения себестоимости производства негашеной извести / А. Б. Липилин, М. В. Векслер, Н. В. Коренюгина. — *Электронный ресурс*. — Режим доступа <http://www.tpribor.ru/izvest.html>

10. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики : учеб. для вузов / С. М. Тарг. — 10-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш. шк., 1986. — 416 с.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. ЛГУ им. Даля Харламовым Ю.А.,
к.т.н., проф. ДонГТУ Ульяницким В.Н.*

Статья поступила в редакцию 10.11.15.

Власенко Д.А., к.т.н. Левченко Е.П. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**ОСОБЛИВОСТІ ПОДРІБНЕННЯ ШМАТКОВОГО ВАПНЯКУ У ДРОБАРКАХ
УДАРНОЇ ДІЇ ПРИ РІЗНИХ ВАРІАНТАХ ПІДВІСУ БИЛ**

Методом порівняльного аналізу витрат кінетичної енергії досліджено енерговитрати на дроблення шматкового вапняку у молоткових дробарках з жорстким та шарнірним підвісом бил до ротору. В результаті теоретичного аналізу виявлено переваги жорсткого кріплення бил.

Ключові слова: роторна дробарка, молоткова дробарка, била, енергія удару, шарнірний підвіс, жорсткий підвіс.

PhD Student Vlasenko D.A., PhD in Engineering Levchenko E.P. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

**GRINDING PECULIARITIES OF LUMP LIME IN IMPACT CRUSHER UNDER
DIFFERENT TYPES OF BEATER RODS SUSPENSION**

Power consumption for lump lime grinding in hammer grinder with hard and hinged suspension of beater rods to rotor were examined using comparative analysis of kinetic energy consumption. As a result of theoretical analysis the advantage of hard fixing a beater rod was found out.

Key words: impactor, hammer grinder, beater rods, impact energy, hinged suspension, hard suspension.

УДК 536.252:532.527.2

Юрьев С.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ВРАЩАЮЩИЙСЯ ПОРИСТЫЙ ЦИЛИНДР

Рассмотрены картины течения жидкости через вращающийся пористый цилиндр при различных значениях его сопротивления. Показаны зависимости неравномерности протекания жидкости через вращающийся пористый цилиндр от радиального числа Рейнольдса и коэффициента сопротивления пористой перегородки. На основе приведенных зависимостей предложены оптимальные значения сопротивления пористой перегородки, обеспечивающие равномерный поток жидкости сквозь поверхность вращающегося проницаемого цилиндра.

Ключевые слова: вращающийся проницаемый цилиндр, численное моделирование, гидродинамическое сопротивление.

Введение. Развитие макровихревых структур снаружи вращающегося проницаемого цилиндра сопровождается неравномерностью протекания жидкости через его поверхность. Во многих практических приложениях это явление нежелательно, поскольку приводит к очень сильному повышению локальных скоростей движения жидкости через перегородку.

Значительное влияние на характер течения и равномерность протекания жидкости оказывает сопротивление пористой перегородки. В частности, увеличение гидравлического сопротивления оказывает стабилизирующее влияние на течение в отношении образования макровихрей [1]. В то же время, повышение сопротивления перегородки приводит и к росту затрат энергии, так как увеличивает перепад давлений, необходимый для поддержания вынужденного течения жидкости.

Поэтому целью данной работы являются исследования, направленные на выяснение закономерностей и зависимостей, позволяющих определять минимальное значение коэффициента сопротивления вращающейся пористой перегородки, обеспечивающее достаточно равномерное распределение скорости потока жидкости при заданных значениях окружных (Re_ϕ) и радиальных (Re_r) чисел Рейнольдса, что важно в практическом отношении.

Постановка задачи. Характер течения в области между вращающимися цилиндрами наглядно отражают линии тока относительного движения жидкости (по отношению к вращающейся вместе с внутренним цилиндром системе координат) и относительные траектории частиц жидкости, пересекающих входное сечение.

В работе [1] показано, что возникающие в результате центробежной неустойчивости вихревые структуры (макровихри) могут блокировать значительную часть поверхности проницаемого цилиндра для потока жидкости, вплоть до того, что весь подаваемый через входное сечение поток протекает через малую часть этой поверхности у самого входного сечения.

С этой целью рассмотрим расчётную схему, показанную на рис. 1, для изучения характера потока жидкости через проницаемую поверхность. Данная схема соответствует осесимметричной постановке.

На входе в расчётную область (цилиндрическая поверхность $r = R_2$) в качестве граничного условия принимаем:

$$V_{r0} = \text{const}, \quad (1)$$

где V_{r0} – скорость течения жидкости в радиальном направлении.

В выходном сечении условие ($z = 0, R_3 \leq r \leq R_1 - \delta_f$) постоянства давления жидкости

$$p = p_a = \text{const}. \quad (2)$$

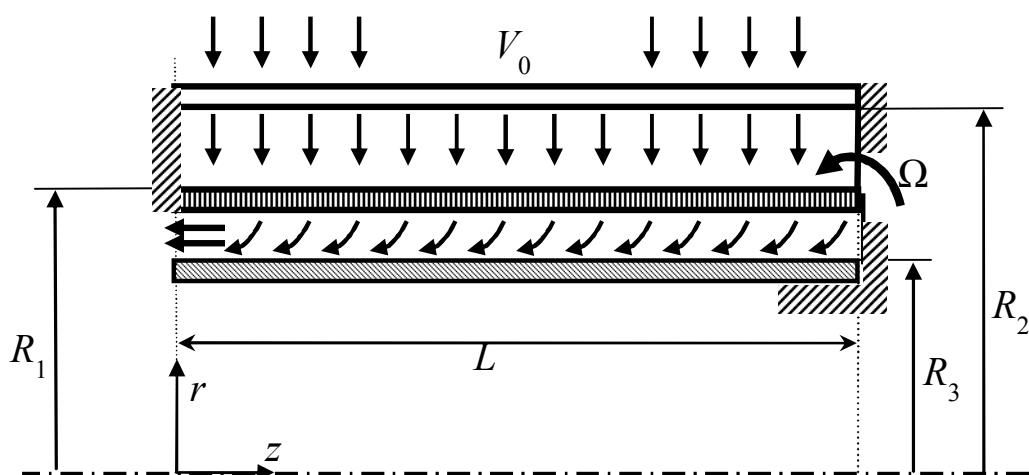


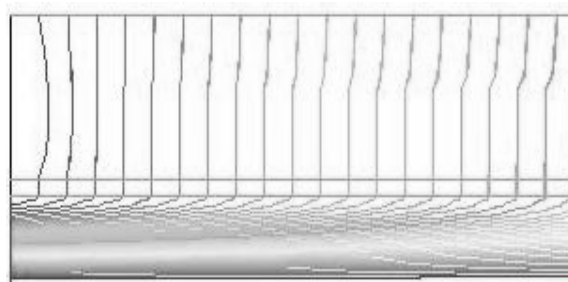
Рисунок 1 – Расчетная схема течения с радиальным подводом жидкости

В рассматриваемой постановке фильтрующий цилиндр входит в расчетную область и моделируется пористой перегородкой толщиной δ_f . Такой подход позволяет не выставлять граничных условий, навязывающих распределение скорости протекания жидкости через цилиндр, а определять эту скорость в результате решения задачи. Для этого необходимо выбрать модель, в соответствии с которой будет рассматриваться течение жидкости в пределах проницаемой вращающейся цилиндрической перегородки. Такая модель, называемая моделью «пористой зоны», описана в работе [1].

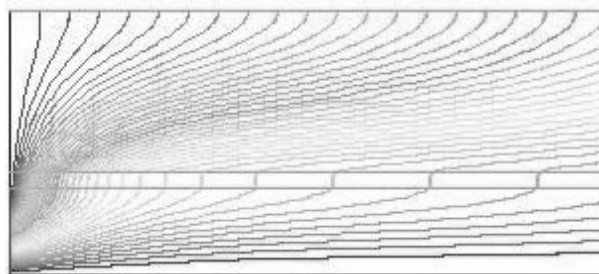
Результаты. В результате численного моделирования было установлено, что с уменьшением сопротивления пористой перегородки часть поверхности проницаемого цилиндра блокируется для протока жидкости. При этом площадь блокируемой поверхности растёт с увеличением Re_ϕ и уменьшением Re_r . Такие результаты, представлены ниже на рисунках 2 - 8, которые получены при нескольких фиксированных значениях Re_ϕ, Re_z и различном коэффициенте сопротивления пористой перегородки b_r .

При наибольшем из рассматриваемых значений b_r (рис. 6) возникает макровихревое движение, однако оно сосредоточено в кольцевой области над перегородкой и от-

теснено потоком от входного сечения. В этом случае имеет место близкое к равномерному распределение скорости протока жидкости через пористый цилиндр.

Рисунок 2 – Линии тока относительного движения частиц жидкости, пересекающих входное сечение ($b_r = 10^{11} \text{ м}^{-2}$)

$$Re_\phi = 10^4, Re_r = 100$$

Рисунок 3 – Линии тока относительного движения частиц жидкости, пересекающих входное сечение ($b_r = 10^4 \text{ м}^{-2}$)

$$Re_\phi = 10^4, Re_r = 100$$

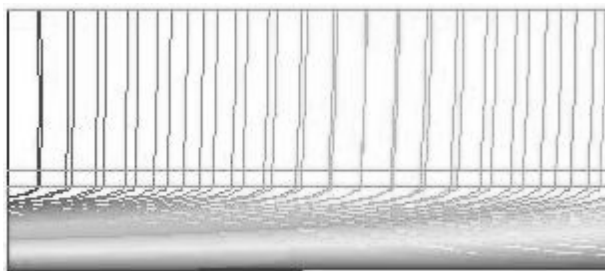


Рисунок 4 – Линии тока относительного движения частиц жидкости, пересекающих входное сечение ($b_r = 1 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-2}$

$$\text{Re}_\phi = 10^4, \text{Re}_r = 5000$$

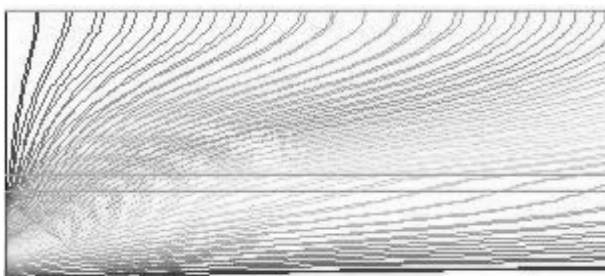


Рисунок 5 – Линии тока относительного движения частиц жидкости, пересекающих входное сечение ($b_r = 1 \cdot 10^4 \text{ м}^{-2}$

$$\text{Re}_\phi = 10^4, \text{Re}_r = 5000$$

При самом маленьком из рассматриваемых значений коэффициента сопротивления b_r вторичные вихревые течения проникают сквозь пористую перегородку (рис. 7, 8), что сопровождается обратными перетоками через нее. При этом вся подаваемая жидкость протекает через пористый цилиндр в районе выходного сечения, а вдоль оставшейся поверхности несколько раз перетекает через перегородку в обоих направлениях. Это сопровождается крайне неравномерным распределением радиальной скорости вдоль поверхности цилиндра.

Выявим закономерности и зависимости, позволяющие определять минимальное значение коэффициента сопротивления вращающейся пористой перегородки, обеспечивающее достаточно равномерное распределение скорости протока жидкости при заданных значениях $\text{Re}_\phi, \text{Re}_r$.

Прежде всего, необходимо определить количественную меру равномерности протекания жидкости. В качестве такой характеристики примем отношение

$$k_{vr} = \frac{\max_{0.025L \leq z \leq 0.975L} |V_{r1}(z) - \overline{V_{r1}}|}{|\overline{V_{r1}}|}, \quad (3)$$

где $\overline{V_{r1}}$ – среднее значение скорости протекания жидкости через перегородку.

Максимум в числителе определяется по осевой координате, за исключением участков вблизи торцов с суммарной длиной в 5% длины цилиндра. Параметр, определяемый формулой (3) назовём коэффициентом неравномерности протекания жидкости.

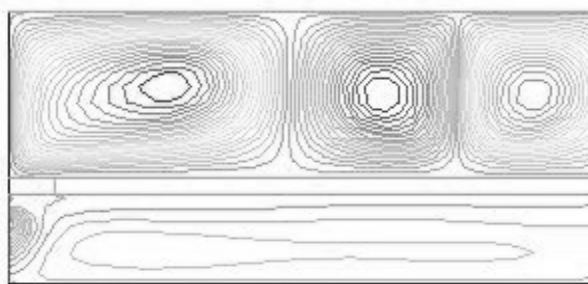


Рисунок 6 – Линии тока относительного движения частиц жидкости, пересекающих входное сечение ($b_r = 1 \cdot 10^{11} \text{ м}^{-2}$

$$\text{Re}_\phi = 2 \cdot 10^5, \text{Re}_r = 100$$

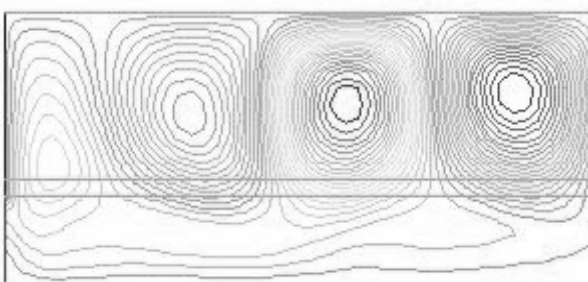


Рисунок 7 – Линии тока относительного движения частиц жидкости, пересекающих входное сечение ($b_r = 1 \cdot 10^4 \text{ м}^{-2}$

$$\text{Re}_\phi = 2 \cdot 10^5, \text{Re}_r = 100$$

Вместо размерного коэффициента сопротивления перегородки b_r , для большей общности рассмотрим безразмерный аналог, учитывающий толщину и радиус фильтрующего цилиндра:

$$\tilde{b}_r = b_r \delta_f R_1. \quad (4)$$

На рис. 9–11 представлены графики изменения коэффициента неравномерности k_{vr} в зависимости от радиального числа Рейнольдса, характеризующего интенсивность отсоса жидкости, при различных значениях вращательного числа Рейнольдса Re_ϕ . На каждом рисунке приведены данные для различных значений коэффициента сопротивления перегородки \tilde{b}_r .

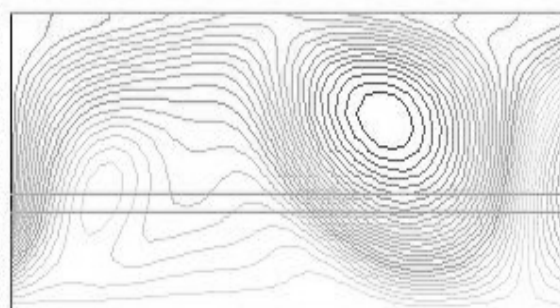
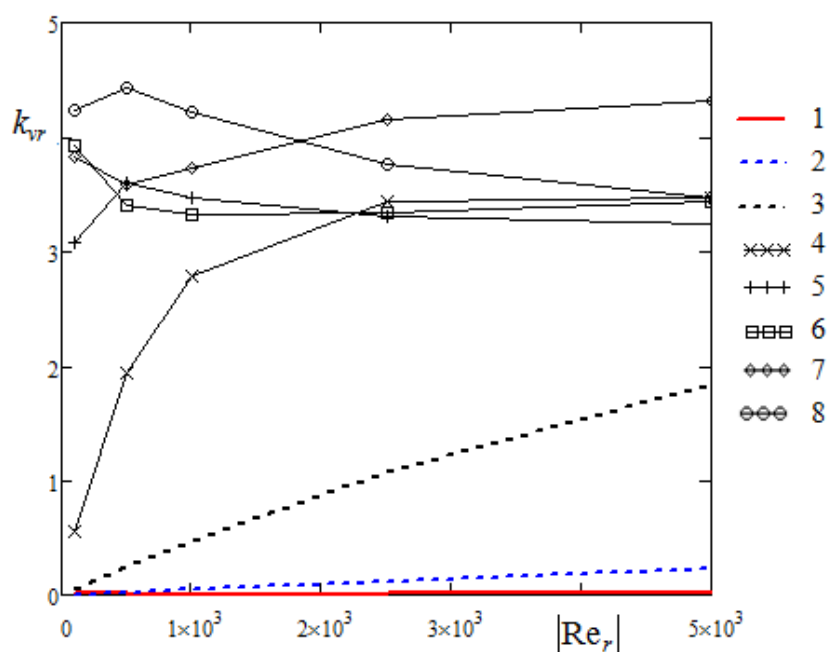


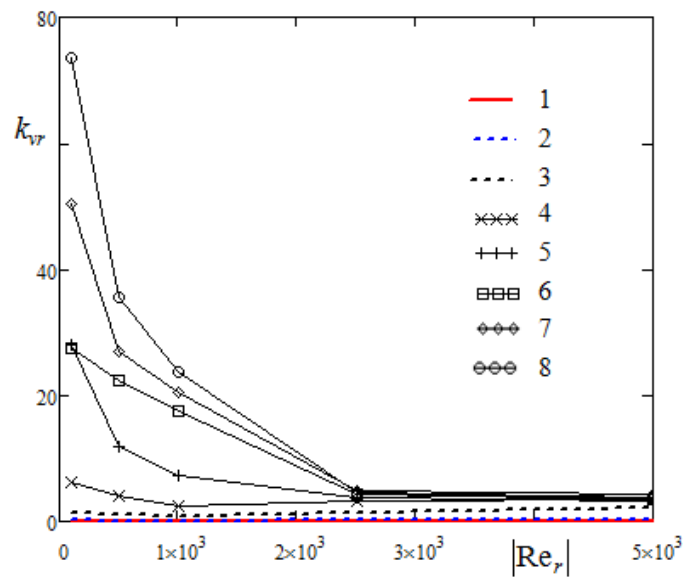
Рисунок 8 – Линии тока относительного движения частиц жидкости, пересекающих входное сечение ($b_r = 1 \cdot 10^4 \text{ м}^{-2}$)

$$Re_\phi = 2 \cdot 10^5, Re_r = 5000$$



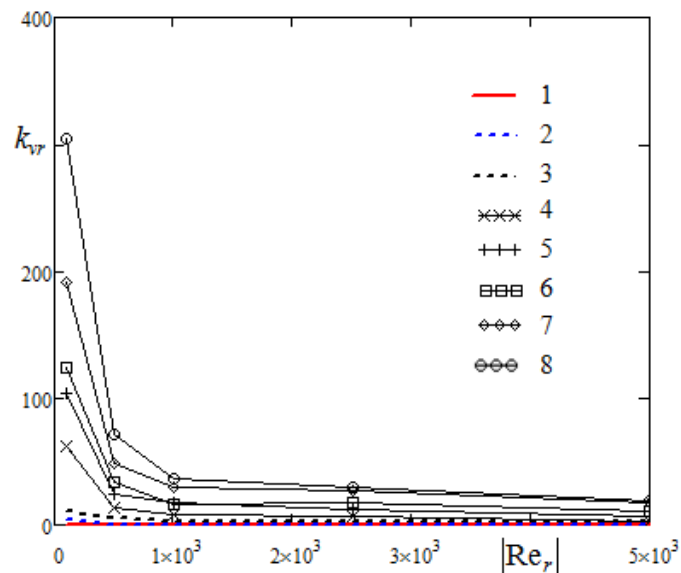
$$\begin{aligned} 1 - \tilde{b}_r &= 3.85 \cdot 10^7; 2 - \tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^6; 3 - \tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^5; 4 - \tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^4; \\ 5 - \tilde{b}_r &= 3.85 \cdot 10^3; 6 - \tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^2; 7 - \tilde{b}_r = 38.5; 8 - \tilde{b}_r = 3.85 \end{aligned}$$

Рисунок 9 – Зависимость коэффициента неравномерности протекания жидкости через вращающийся пористый цилиндр от радиального числа Рейнольдса и коэффициента сопротивления пористой перегородки ($Re_\phi = 1 \cdot 10^4$)



1 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^7$; 2 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^6$; 3 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^5$; 4 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^4$;
 5 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^3$; 6 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^2$; 7 - $\tilde{b}_r = 38.5$; 8 - $\tilde{b}_r = 3.85$

Рисунок 10 – Зависимость коэффициента неравномерности протекания жидкости через вращающийся пористый цилиндр от радиального числа Рейнольдса и коэффициента сопротивления пористой перегородки ($Re_\phi = 5 \cdot 10^4$)



1 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^7$; 2 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^6$; 3 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^5$; 4 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^4$;
 5 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^3$; 6 - $\tilde{b}_r = 3.85 \cdot 10^2$; 7 - $\tilde{b}_r = 38.5$; 8 - $\tilde{b}_r = 3.85$

Рисунок 11 – Зависимость коэффициента неравномерности протекания жидкости через вращающийся пористый цилиндр от радиального числа Рейнольдса и коэффициента сопротивления пористой перегородки ($Re_\phi = 2 \cdot 10^5$)

Вывод. Сопоставление данных по величине коэффициента k_{vr} и характера течения (на основе картин линий тока) показывает, что неравномерность распределения скорости с уменьшением сопротивления перегородки сопровождается двумя основными проявлениями. Во-первых, это увеличение скорости V_{r1} вблизи того торца, у которого расположено выходное сечение. Во-вторых, это следствие наличия макровихрей, которыми обусловлено местное увеличение и уменьшение радиальной скорости вблизи перегородки.

Для обеспечения равномерного потока жидкости (газа) сквозь поверхность вращающегося цилиндра, из приведенных выше зависимостей, необходимо задать сопротивление пористой щели \tilde{b}_r в диапазоне $3.5 \cdot 10^5 (Re_r = 100) - 3.5 \cdot 10^6 (Re_r = 5000)$ для значений окружного числа Рейнольдса, характеризующего скорость вращения, от $Re_\phi = 1 \cdot 10^4$ до $Re_\phi = 5 \cdot 10^4$, и от $3.5 \cdot 10^6$ до $3.5 \cdot 10^8 (Re_\phi = 1 \cdot 10^5 - Re_\phi = 2 \cdot 10^5)$. При данных значениях сопротивления пористой щели \tilde{b}_r значение коэффициента неравномерности остаётся $k_{vr} < 1$, что в большинстве случаев является приемлемым.

Бibliографический список

1. Мочалин Е. В. Теплообмен и гидродинамика в полях центробежных массовых сил / Е. В. Мочалин, А. А. Халатов. — Киев : Ин-т техн. теплофизики НАН Украины, 2010. — Т. 8: Гидродинамика закрученного потока в ротационных фильтрах. — 428 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. гидрогазовых систем НАУ Мочалиным Е.В., к.т.н., доц. ДонГТУ Чебаном В.Г.

Статья поступила в редакцию 18.11.15.

Юр'єв С.О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ОСОБЛИВОСТІ ТЕЧЕЇ РІДИНИ КРІЗЬ ОБЕРТОВИЙ ПОРИСТИЙ ЦИЛІНДР

Розглянуто картини течії рідини крізь обертовий пористий циліндр за різними значеннями його опору. Показані залежності нерівномірності протікання рідини через обертовий пористий циліндр від радіального числа Рейнольдса і коефіцієнта опору пористої перегородки. На основі наведених залежностей запропоновано оптимальні значення опору пористої перегородки, що забезпечує рівномірне протікання рідини крізь поверхню обертового проникного циліндра.

Ключові слова: обертовий проникний циліндр, чисельне моделювання, гідродинамічний опір.

Yuriev S.A. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

CHARACTERISTICS OF FLUID FLOWING THROUGH ROTATING POROUS CYLINDER

Patterns of fluid flow through rotating porous cylinder at various values of its resistance have been examined. Dependences of irregularity at fluid flowing through rotating porous cylinder from radial Reynold number and resistance coefficient of porous barrier are shown. On the basis of given dependences the optimal resistance values of porous barrier were proposed, which provided a uniform fluid flowing through surface of rotating penetrable cylinder.

Key words: rotating penetrable cylinder, numerical modeling, hydrodynamic resistance.

ЭКОНОМИКА

УДК 669:658.15.336.5.02

д.е.н. Гришко Н.В.,
Фесик А.С.(ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР, grinet@rambler.ru)**МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ
ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Проаналізовано структуру фінансування інноваційної діяльності за 2000-2012 рр., динаміку структури витрат на інноваційну діяльність по відношенню до валового внутрішнього продукту, обсяг виконаних науково-технічних робіт, динаміку інноваційної активності підприємств, динаміку впровадження інновацій. Розроблено математичний інструментарій управління витратами інноваційної діяльності промислових підприємств щодо визначення ефективної суми витрат інноваційної діяльності та запланованої величини рентабельності від впровадження інноваційних програм.

Ключові слова: інновація, математичний інструментарій, інноваційна активність, управління витратами, ефективність.

Проблема та її зв'язок з науковими й практичними задачами.

Формування державної політики у сфері інноваційно-інвестиційної діяльності та управління стратегічно важливими проектами, що забезпечують технологічне оновлення та розвиток базових галузей реального сектору економіки України, – є важливою стратегією модернізації економічної безпеки та конкурентоспроможності як окремих підприємств, так і держави в цілому.

Стратегія модернізації систематизує і конкретизує законодавчі, нормативні та інші засади організації наукової, науково-технічної, інноваційної та підприємницької діяльності. Вона є стрижневою основою: для подальшого розвитку законодавчої і нормативної бази в цій сфері; для формування державних, регіональних і галузевих програм інноваційно-інвестиційного розвитку; для забезпечення скоординованої діяльності влади, суспільства, підприємництва, науки та освіти – всіх головних учасників національної інноваційно-інвестиційної системи.

Нові прояви у світовій економіці складні та багатопланові, їх дослідження потребують системних підходів. Істотні обмеження на стратегію модернізації накладаються, в першу чергу, неефективністю

інститутів ринкової економіки й державного регулювання. До чинників, що стримують розвиток інноваційно-інвестиційної діяльності, відносяться: світові економічні та фінансові кризи, відсталість національної економіки від світового рівня, політична нестабільність в державі, високий рівень соціальної нерівноправності, нераціональна диференціація доходів, падіння престижу професій, покликаніх відігравати ключову роль у модернізації, відсутність мотивації та ін. Зростання корупції є істотним чинником впливу на ділову репутацію й інвестиційну активність, на інвестиційний клімат, на відтік капіталу із держави, що значно стримує інноваційний розвиток підприємств. Визнання високого нагнітання зовнішніх і внутрішніх викликів, врахування їх можливих наслідків з метою недопущення кризових явищ в економіці є основою формування ефективної інноваційної політики соціально-економічного розвитку держави.

Одним із напрямів підвищення ефективності інвестиційно-інноваційної діяльності є затвердження Положення про департамент інвестиційно-інноваційної політики та розвитку державно-приватного партнерства. Це положення окреслило основні завдання у двох напрямках: перший – у

сфері формування та реалізації державної інвестиційно-інноваційної політики; другий – у сфері державно-приватного партнерства з питань формування та реалізації державної політики [1]. Тараненко І.В. в своїх дослідженнях дійшов висновку про необхідність більш глибокого вивчення окремих факторів інноваційного розвитку в контексті завдань сталого розвитку та про доцільність включення інноваційних показників до розрахунку індексу сталого розвитку [2]. Череп А.В. та Краснокутська Ю.М. обґрунтували необхідність формування конкурентної стратегії підприємствами машинобудівної галузі [3]. В працях Грицай О.І. удосконалено класифікацію витрат на інноваційні процеси промислового підприємства [4,5]. Гик В. запропоновано методiku відображення інноваційних витрат у бухгалтерському обліку [6]. Автор статті [7] запропонував, що «для подолання бар'єрів на шляху впровадження інновацій компанії» підприємства повинні користуватися певними принципами: створення групи креативних людей з розробки інновацій; мотивування та планування їх роботи; контроль за виконанням тактичних та стратегічних планів інноваційної політики, використовуючи спеціально розроблені критерії оцінки. Але, в умовах інвестиційно-інноваційної економіки основною проблемою реалізації стратегії модернізації кожного суб'єкта господарювання є відсутність у них комплексної програми напрямів, заходів, пропозицій та забезпечення виконання управлінських рішень [8, 9, 10, 11, с. 155-166].

Разом з цим, впровадження новітніх технологій, які здатні внести кардинальні зміни в національну економіку, залишаються без фінансової підтримки.

На користь певного сектору з пріоритету державної підтримки витісняються наука, технології, інновації. Накопичення фінансового капіталу, зростання спекулятивної компоненти у його формуванні, не-

раціональне витрачання в суспільстві грошових коштів, зростання витрат на розкіш та розваги, воєнізація державних бюджетів перекреслює ті переваги, які дають технологічні та інші соціально орієнтовані інновації. Це виклик загальносвітовий, а для таких країн, як Україна, – це подвійний виклик, тому що за роки незалежності старий технологічний потенціал було зруйновано, а створення нового, більш інноваційно розвинутого, ще майже не розпочато.

Метою статті є розробка математичного інструментарію управління витратами підприємства, який дозволяє визначати ефективну суму витрат інноваційної діяльності та отримати заплановану величину рентабельності від впровадження інноваційних програм.

Виклад основних результатів дослідження та їх обґрунтування.

Глобалізаційні процеси у світовій економіці характеризуються наростаючою конкуренцією, яка має тенденцію до загострення. Інвестиційні програми перетворилися у рушійну силу глобалізації та сталого розвитку суспільства. В Україні інноваційно-інвестиційна діяльність не стала основним стратегічним завданням соціально-економічного спрямування держави, що підтверджує проведений аналіз: структури фінансування інноваційної діяльності (табл. 1), структури витрат по відношенню їх до валового внутрішнього продукту (табл. 2), обсягів виконаних наукових і науково-технічних робіт (табл. 3), динаміки інноваційної активності підприємств, впровадження інновацій у виробничий процес (табл. 4), динаміки впровадження інновацій на промислових підприємствах України за 2000-2012 рр. (табл. 5).

Як свідчать дані таблиці 1, в основному, фінансування інноваційної діяльності протягом 2000-2012 рр. здійснювалося за рахунок власних коштів підприємств.

ЕКОНОМІКА

Таблиця 1 – Структура фінансування інноваційної діяльності за 2000-2012 рр.

Рік	Загальна сума витрат	У тому числі за рахунок коштів:							
		власних		державного бюджету		іноземних інвесторів		інші джерела	
		млн. грн.	%	млн. грн.	%	млн. грн.	%	млн. грн.	%
2000	1757,1	1399,3	79,7	7,7	0,4	133,1	7,6	217,0	12,3
2001	1971,4	1654,0	83,9	55,8	2,8	58,5	3,0	203,1	10,3
2002	3013,8	2141,8	71,0	45,5	1,5	264,1	8,8	562,4	18,7
2003	3059,8	2148,4	70,2	93,0	3,0	130,0	4,2	688,4	22,6
2004	4534,6	3501,5	77,2	63,4	1,4	112,4	2,5	857,3	18,9
2005	5751,6	5045,4	87,8	28,1	0,5	157,9	2,7	520,2	9,0
2006	6160,0	5211,4	84,6	114,4	1,9	176,2	2,9	658,0	10,7
2007	10850,9	7999,6	73,7	144,8	1,3	321,8	3,0	2384,7	22,0
2008	11994,2	7264,0	60,5	336,9	2,8	115,4	1,0	4277,9	35,7
2009	7949,9	5169,4	65,1	127,0	1,6	1512,9	19,0	1140,6	14,3
2010	8045,5	4775,2	59,3	87,0	1,1	2411,4	30,0	771,9	9,6
2011	14333,9	7585,6	52,9	149,2	1,0	56,9	0,4	6542,2	45,7
2012	11480,6	7335,9	63,9	224,3	1,9	994,8	8,7	2925,6	25,5

Наприклад, за результатами досліджень Саннікової С.Ф., у Дніпропетровській області «фінансування інноваційної діяльності за останні роки більш ніж на 80% здійснюється підприємствами за рахунок власних коштів» [8]. В структурі фінансування частка державного бюджету найменша.

За даними таблиці 2 можна дійти висновку, що протягом 2000-2012 рр. питома вага загальної суми витрат інноваційної діяльності від усіх джерел фінансування в сумі ВВП України коливається від 0,743% у 2010 р. до 1,506% у 2007 р.

Таблиця 2 – Динаміка структури витрат на інноваційну діяльність по відношенню до валового внутрішнього продукту України за 2000-2012 рр.

Рік	Валовий внутрішній продукт, млн. грн.	Загальна сума витрат інноваційної діяльності від усіх джерел фінансування, млн. грн.	Витрати державного бюджету на інноваційну діяльність, млн. грн.	Питома вага витрат інноваційної діяльності в сумі ВВП :	
				загальна сума витрат інноваційної діяльності від усіх джерел фінансування, %	витрати державного бюджету на інноваційну діяльність, %
2000	170070	1757,1	79,7	1,033	0,046
2001	204190	1971,4	83,9	0,965	0,041
2002	225810	3013,8	71,0	1,334	0,031
2003	267344	3059,8	70,2	1,144	0,026
2004	345113	4534,6	77,2	1,314	0,022
2005	441452	5751,6	87,8	1,303	0,020
2006	544153	6160,0	84,6	1,132	0,016
2007	720731	10850,9	73,7	1,506	0,010
2008	948056	11994,2	60,5	1,265	0,006
2009	913345	7949,9	65,1	0,870	0,007
2010	1082569	8045,5	59,3	0,743	0,005
2011	1316600	14333,9	52,9	1,089	0,004
2012	1408889	11480,6	63,9	0,815	0,005

ЕКОНОМІКА

За цей час питома вага витрат державного бюджету в сумі ВВП має тенденцію до зниження майже у 10 разів, що свідчить про байдужість держави до інтенсифікації свого інноваційного розвитку.

Також, це підтверджує зниження питомої ваги обсягу виконаних наукових і науково-технічних робіт у ВВП (табл. 3) протягом 2000-2012 рр. з 1,16% у 2000 р. до 0,80% у 2012 р.

Аналіз інноваційної активності підприємств протягом 2000-2012 рр. (табл.4), свідчить про її зниження. Питома вага підприємств, що займалися інноваціями, знизилася з 18,0% у 2000 р. до 17,4% у 2012 р. з коливанням в цьому часовому діапазоні до 11,2% (2007 р.). Тобто, тільки невелика частка підприємств здійснюють інновації.

На долю промислових підприємств, що впроваджували інновації, припадає менше 14% (табл. 5). Питома вага реалізованої

продукції в обсязі промислової протягом 2000-2012 рр. знизилася з 6,8% у 2000 р. до 3,3% у 2012 р. Аналіз інноваційної діяльності в Україні свідчить, що обсяг витрат на інноваційну діяльність має тенденцію до зростання, але прибуток на 1 грн. інноваційних витрат, навпаки, знижується.

Проблема управління стратегічними витратами інноваційної діяльності підприємства визначила необхідність створення інструментарію, що дозволяє управляти цією діяльністю, використовуючи певну методику. Інструментарій управління стратегічними витратами інноваційної діяльності дозволяє, по-перше, приймати рішення про обмеження недоцільного виділення коштів на інновації понад оптимального (раціонального) рівня, по-друге, управляти ефективністю виробничо-господарської діяльності промислового підприємства, виходячи із заданих обмежень.

Таблиця 3 – Обсяг виконаних науково-технічних робіт за 2000-2012 рр.

Рік	Всього, у фактичних цінах, млн. грн.	У тому числі				Питома вага обсягу виконаних наукових і науково-технічних робіт у ВВП, %
		фундаментальні дослідження, млн. грн.	прикладні дослідження, млн. грн.	розробки, млн. грн.	науково-технічні послуги, млн. грн.	
1	2	3	4	5	6	7
2000	1978,4	266,6	436,7	1106,3	168,8	1,16
2001	2275,0	353,3	304,9	1317,2	299,6	1,11
2002	2496,8	424,9	343,6	1386,6	341,7	1,11
2003	3319,8	491,2	429,8	1900,2	498,6	1,24
2004	4112,4	629,7	573,7	2214,0	695,0	1,19
2005	4818,6	902,1	708,9	2406,9	800,7	1,09
2006	5354,6	1141,0	841,5	2741,6	630,5	0,98
2007	6700,7	1504,0	1132,6	3303,1	761,0	0,93
2008	8538,9	1927,4	1545,7	4088,2	977,7	0,90
2009	8653,7	1916,6	1412,0	4215,9	1109,2	0,95
2010	9867,1	2188,4	1617,1	5037,0	1024,6	0,90
2011	10349,9	2205,8	1866,7	4985,9	1291,5	0,79
2012	11252,7	2621,9	2057,7	5369,9	1203,2	0,80

ЕКОНОМІКА

Таблиця 4 – Динаміка інноваційної активності підприємств за 2000-2012 рр.

Рік	Питома вага підприємств, що займалися інноваціями, %	Загальна сума витрат, млн. грн.	у тому числі, млн. грн.				
			дослідження і розробки	придбання інших зовнішніх знань (нових технологій)	підготовка виробництва для впровадження інновацій	придбання машин обладнання, програмного забезпечення ¹	інші витрати
1	2	3	4	5	6	7	8
2000	18,0	1757,1	266,2	72,8	163,9	907,6	346,6
2001	16,5	1971,4	171,4	125,0	183,8	1057,6	433,6
2002	18,0	3013,8	270,1	149,7	325,2	1535,9	732,9
2003	15,1	3059,8	312,9	95,9	527,3	1346,4	777,3
2004	13,7	4534,6	445,3	143,5	808,5	2717,5	1228,3
2005	11,9	5751,6	612,3	243,4	991,7	3149,6	1746,3
2006	11,2	6160,0	992,9	159,5	954,7	3489,2	1518,4
2007	14,2	10850,9	986,5	328,4	x	7471,1	2064,9
2008	13,0	11994,2	1243,6	421,8	x	7664,8	2664,0
2009	12,8	7949,9	846,7	115,9	x	4974,7	2012,6
2010	13,8	8045,5	996,4	141,6	x	5051,7	1855,8
2011	16,2	14333,9	1079,9	324,7	x	10489,1	2440,2
2012	17,4	11480,6	1196,3	47,0	x	8051,8	2185,5

¹ Примітка. До 2007 року придбання машин та обладнання пов'язані з упровадженням інновацій. (Джерело: Держкомстат України).

Таблиця 5 – Динаміка впровадження інновацій за 2000-2012 рр.

Рік	Питома вага підприємств, що впроваджували інновації. %	Впроваджено нових технологічних процесів, найменувань	у т.ч. маловідходні, ресурсозберігаючі, найменувань	Освоєно виробництво інноваційних видів продукції, найменувань,	з них нові види техніки, найменувань,	Питома вага реалізованої інноваційної продукції в обсязі промислової, %
1	2	3	4	5	6	7
2000	14,8	1403	430	15323	631	6,8
2001	14,3	1421	469	19484	610	6,8
2002	14,6	1142	430	22847	520	7,0
2003	11,5	1482	606	7416	710	5,6
2004	10,0	1727	645	3978	769	5,8
2005	8,2	1808	690	3152	657	6,5
2006	10,0	1145	424	2408	786	6,7
2007	11,5	1419	634	2526	881	6,7
2008	10,8	1647	680	2446	758	5,9
2009	10,7	1893	753	2685	641	4,8
2010	11,5	2043	479	2408	663	3,8
2011	12,8	2510	517	3238	897	3,8
2012	13,6	2188	554	3403	942	3,3

Інструментарій управління стратегічними витратами інноваційної діяльності підприємства повинен відбивати математичну залежність результатів управління або результатів діяльності підприємства від якісного й/або кількісного складу заходів інноваційної програми підприємства і може бути описаний рівнянням параболі, відкритої долілиць, тобто рівнянням виду:

$$Y = a + b \sum X_{opt} + c \sum X_{opt}^2, \quad (1)$$

де $\sum X_{opt}$ – сума витрат по інноваційних проектах інноваційної програми, підданим оптимізації в усіх напрямках діяльності. Це рівняння і є інструментарієм управління стратегічними витратами інноваційної діяльності підприємства.

Значення величин X та Y представлені двома рядами даних:

$$\begin{array}{cccc} Y_1 & Y_2 & Y_3 & Y_n; \\ X_1 & X_2 & X_3 & X_n. \end{array}$$

Якщо б усі значення, отримані за даними спостереження, лежали суворо на кривій, яка описується рівнянням параболі, або для кожної з точок, було б справедливе рівняння:

$$Y_i - a - b \sum X_{opt} - c \sum X_{opt}^2 = 0, \quad (2)$$

то не існувало б ніяких проблем. Але на практиці маємо інше:

$$Y - a - b \sum X_{opt} - c \sum X_{opt}^2 = \Delta_j, \quad (3)$$

де Δ_j – різниця між даними спостережень й даними, які отримано з рівняння зв'язку. Ця різниця є як наслідок похибок спрощення, тому виникає проблема знаходження таких коефіцієнтів рівняння, при яких похибка була б мінімальною. Мінімізувати суму абсолютних похибок можливо:

$$S = \sum |\Delta_j| \rightarrow \min, \quad (4)$$

або мінімізувати суму кубічних похибок, і тоді отримаємо метод найменших кубів:

$$S = \sum |\Delta_j|^3 \rightarrow \min, \quad (5)$$

або, нарешті, мінімізувати найбільше абсолютне відхилення:

$$\min \max_j |\Delta_j|. \quad (6)$$

Однак найбільш оптимальним варіантом є оцінка помилки за методом найменших квадратів:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta_i^2 \rightarrow \min. \quad (7)$$

Метод найменших квадратів володіє тією чудовою властивістю, що дорівнює число нормальних рівнянь до числа невідомих коефіцієнтів. Наведене рівняння параболі має три невідомих коефіцієнта: a, b, c . Отже, застосовуючи метод найменших квадратів, ми отримаємо рівняння:

$$S = \sum_{i=1}^n \Delta_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x - a_2 x^2) \rightarrow \min \quad (8)$$

Для знаходження значень невідомих коефіцієнтів a, b, c , при яких функція $f_{(a,b,c)}$ була б мінімальною, необхідно дорівняти частки похідні за цими величинами до нуля.

Виконавши найпростіші перетворення, отримаємо систему нормальних рівнянь:

$$\begin{cases} na + b \sum X + c \sum X^2 = \sum y \\ a \sum x + b \sum X^2 + c \sum X^3 = \sum YX \\ a \sum X^2 + b \sum X^3 + c \sum X^4 = \sum YX^2 \end{cases} \quad (9)$$

Рішення системи, дозволяє знайти значення невідомих коефіцієнтів a, b, c й отримання регресії. Визначимо з рівняння регресії теоретичні значення Y й порівняємо з даними спостереження, тобто розрахуємо так названу остаточну суму квадратів у таблиці 6. Значення коефіцієнтів рівняння регресії такі:

$$a = -0.05734, b = 0.0242, c = -0.00006.$$

Згідно з отриманими даними рівняння (1) буде мати вигляд:

$$Y_{(\sum X_{opt})} = -0,05734 + 0,0242 \sum X_{opt} - 0,00006 \sum X_{opt}^2 \quad (10)$$

Функціональна залежність рентабельності діяльності підприємства від витрат на інноваційну діяльність наведена в графі 9 таблиці 6. Згідно з отриманими даними коефіцієнт детермінації $Y(\sum X_{opt})$ становить 0,182252. Він свідчить про те, що рентабельність діяльності підприємства на 18,23% залежить від рівня стану інноваційної складової, частка інших факторів складає 81,4.

Помітимо, що як і будь-яке інше рівняння параболі, рівняння має два рішення ($\sum X_1$ і $\sum X_2$). Так при необхідному рівні рентабельності $Y = (\sum X_{opt}) = 0,15$; $\sum X_1 = 8,76$; $\sum X_2 = 394,58$. Економічна інтерпретація цього рішення така: рентабельність діяльності підприємства буде становити 15% при витратах на інноваційну діяльність рівних як 8,76 млн. грн., так і при 394,58 млн. грн. Менеджмент підприємства буде намагатися перевищити пла-

нову величину рентабельності діяльності підприємства. Це значить, що область ефективних витрат на інноваційну діяльність коливається від 8,76 млн. грн. до 394,58 млн. грн., що наведено на рис. 1.

З рисунку 1 видно, що ухвалення рішення про обсяг фінансування інноваційної діяльності утруднено. Вимагає рішення проблема знаходження оптимальної величини витрат на інноваційну діяльність, що дасть можливість досягти величини рентабельності не менш 15%. Вирішити цю проблему можливо простим шляхом знаходження похідної від функції (10):

$$Y^1(\sum X_{opt}) = 0,024 - 0,00012 \sum X_{opt} \quad (11)$$

Звідки:

$$\sum X_{opt} = 200.$$

Тобто, при обсязі витрат на інноваційну діяльність, рівних 200 млн. грн. рентабельність діяльності підприємства максимальна. Іншими словами, розмір витрат на фінансування інноваційної діяльності підприємства при рентабельності не нижче 15% повинен становити від 8,76 до 200 млн. грн.

Таблиця 6 – Розрахунок коефіцієнтів рівняння, що описує залежність рентабельності діяльності підприємства від витрат на інноваційну діяльність

№ з/п	Витрати на інновації, млн. грн. (X)	Рентабельність, од. (Y)	X Y	X ²	X ² Y	X ³	X ⁴	Y _X
1	5,14	0,147	0,7556	26,4196	3,8837	135,797	697,995	0,06551
2	5,62	0,160	0,8992	31,5844	5,0535	177,504	997,574	0,07682
3	6,49	0,033	0,2142	42,1201	1,3900	273,359	1774,10	0,09725
4	8,26	0,052	0,4295	68,2276	3,5478	563,560	4665,01	0,13854
5	10,45	0,296	3,0932	109,202	32,3239	1141,16	11925,2	0,18910
6	7,49	0,219	1,6403	56,1001	12,2859	420,190	3147,22	0,12063
7	8,56	0,196	1,6778	73,2736	14,3616	627,222	5369,02	0,14550
8	9,45	0,202	1,9089	89,3025	18,0391	843,909	7974,93	0,16608
9	12,23	0,148	1,8100	149,572	22,1368	1829,27	22372,1	0,22977
10	3,45	0,096	0,3312	11,9025	1,1426	41064	141,670	0,02547
11	7,56	0,144	1,0886	57,1536	8,2301	432,081	3266,53	0,12225
12	5,65	-0,238	-1,3447	31,9225	-7,5976	180,362	1019,04	0,07753
Σ	90,35	1,455	12,5038	746,782	114,797	6665,49	63350,3	1,45448

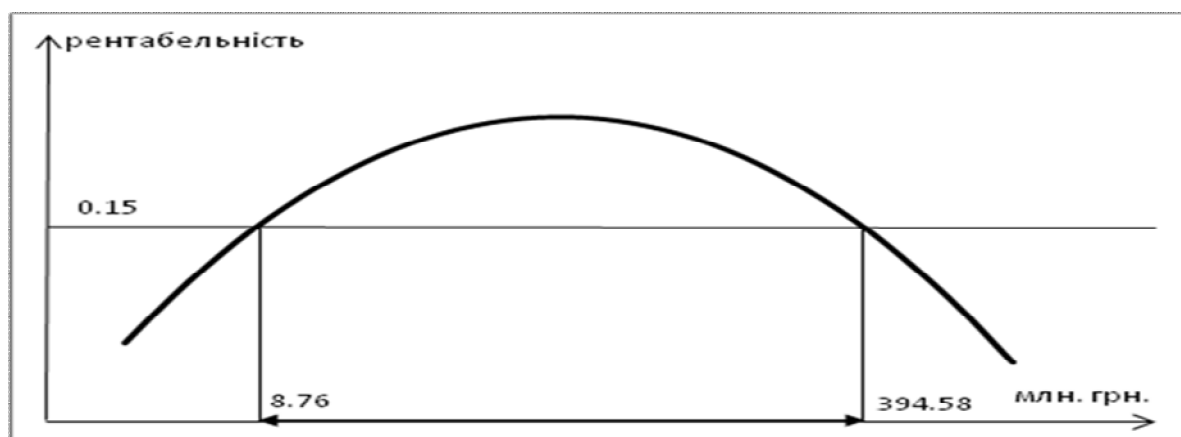


Рисунок 1 – Визначення суми ефективності витрат інноваційної діяльності

Слід зазначити, що при $Y(\sum X_{opt}) \rightarrow 0,296$ (максимальна спостережувана рентабельність діяльності підприємства) і вище, мінімальна величина інноваційних витрат зростає близько у два рази. Справа в тому, що моніторинг діяльності підприємства необхідно вести постійно. У випадку фактичного перевищення значення рентабельності над наявними значеннями, коефіцієнти рівняння (10) потрібно всього лише уточнити, однак тренд залежності $Y(\sum X_{opt})$ при цьому не зміниться. По тій же причині необхідності ведення моніторингу діяльності підприємства, тобто можливого корегування залежності $Y(\sum X_{opt})$, інструментарієм керування інноваційною діяльністю підприємства ми називаємо саме рівняння (10), а не (11). Рівняння (11) дозволяє нам знаходити оптимальну величину витрат інноваційної програми (B_{in}) підприємства для кожного конкретного планового періоду в умовах постійного збільшення значень вибірки функції $Y(\sum X_{opt})$.

Вважаємо за необхідне помітити, що при виборі кількості спостережень – n

(у нашій випадку $n = 12$) встає питання про співвідношення таких понять як точність і надійність результатів спостережень. Зрозуміло, що результат спостережень тим надійніше, чим більше кількість спостережень. Однак, при тривалому спостереженні точність результатів знижується, тому що значно може змінитися як внутрішнє середовище підприємства (наприклад, у результаті реорганізації), так і зовнішнє оточення (наприклад, значне збільшення місткості ринку, девальвація й т. ін.). У нашій дослідженні ми зволіли точність результатів їхньої надійності.

Висновки та напрям подальших досліджень.

Таким чином, математичний інструментарій управління витратами підприємства дозволяє визначати ефективну суму витрат інноваційної діяльності та отримати заплановану величину рентабельності від впровадження інноваційних програм. Подальші дослідження спрямовані на визначення впливу факторів ризику на величину витрат.

Бібліографічний список

1. Положення про департамент інвестиційно-інноваційної політики та розвитку державно-приватного партнерства. Затверджено наказом Міністерства економічного розвитку і торгівлі України від 29.04.2013 р. №431.
2. Тараненко І. В. Інноваційний імператив сталого розвитку глобалізованого суспільства / І. В. Тараненко // Економічний вісник Донбасу. — 2011. — №3 (25). — С. 51–56.

3. Череп А. В. Необходимость формирования конкурентной стратегии предприятиями машинобудівної галузі [Електронний ресурс] / А. В. Череп, Ю. М. Краснокутська // Эффективная экономика. — 2012. — №6. — Режим доступа до журналу: <http://www.economy.nauka.com.ua>.
4. Грицай О. І. Удосконалення класифікації витрат на інноваційні процеси промислового підприємства / О. І. Грицай // Вісник Хмельницького національного університету «Економічні науки». — Хмельницький, 2009. — Т. 3. — С. 219–222.
5. Грицай О. І. Напрями удосконалення обліку витрат на інноваційні процеси / О. І. Грицай // Вісник НУ «ЛП»: Проблеми економіки та менеджменту. — Львів : Видавництво НУ «ЛП», 2010. — № 683. — С. 198–201.
6. Гик В. Аспекти обліку витрат у будівельній галузі / В. Гик // Економічний аналіз. — 2010. — № 6. — С. 209–211.
7. Крикуненко Д. О. Проблеми впровадження інновацій на підприємствах / Д. О. Крикуненко // Маркетинг і менеджмент інновацій. — 2011. — № 4. — Т. I. — С. 45–49.
8. Саннікова С. Ф. Статистичний аналіз динаміки інноваційної активності промислових підприємств Дніпропетровської області / С. Ф. Саннікова. — Дніпропетровськ: Вісник Дніпропетровського університету. Серія «Економіка». — 2011. — Вип. 5(4). — С. 57–62.
9. Куранда Т. К. Комерціалізація результатів наукових досліджень: проблеми, підходи, інструменти, напрями розвитку / Т. К. Куранда, В. М. Євтушенко. — К.: УкрІНТЕІ, 2010. — 72 с.
10. Вареник Е.А. Концепция инновационного развития угольной отрасли на основе кластеризации / Е.А. Вареник, Р.М. Лазебник // Уголь Украины, 2010. — № 6. — С. 12–14.
11. Амоша О. І. Розвиток електронної промисловості України на інноваційній основі: моногр. / О. І. Амоша, Л. М. Саломатіна, С. Л. Передерій // НАН України, Ін-т економіки пром-сті. — Київ, 2014. — 254 с.

**Рекомендовано до друку д.е.н., проф. ДонДТУ Коваленко Н.В.,
директором ТОВ "Західна енергетична компанія-1" Олифіром Р.С.**

Стаття надійшла в редакцію 25.11.15.

д.э.н. Гришко Н.В., Фесик А.С. (ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЗАТРАТАМИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Проанализирована структура финансирования инновационной деятельности за 2000-2012 гг., динамика структуры затрат на инновационную деятельность по отношению к валовому внутреннему продукту, объем выполненных научно-технических работ, динамика инновационной активности предприятий, динамика внедрения инноваций. Разработан математический инструментарий управления затратами инновационной деятельности промышленных предприятий по определению эффективной суммы расходов инновационной деятельности и запланированной величины рентабельности от внедрения инновационных программ.

Ключевые слова: инновация, математический инструментарий, инновационная активность, управление затратами, эффективность.

PhD in Economics Grishko N.V., Fesik A.S. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

MATHEMATICAL TOOLS FOR COST MANAGEMENT OF INNOVATION ACTIVITY AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISES

Financial structure of innovation activity within 2000-2012 have been analyzed as well as cost structural changes for innovation activity in relation to gross domestic product, value of performed scientific researches, innovation activity dynamics of the enterprises, dynamics of innovation implementation. Mathematical tools for cost management of innovation activity at the industrial enterprises have been designed on determining the efficient sum of expenditures on innovation activity and planned value of profitability from innovation programs implementation.

Key words: innovation, mathematical tools, innovation activity, cost management, efficiency.

УДК 658.15.336.5.02:622.33

д.э.н. Гришко Н.В.,
Калмыкова Е.Ю.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РАСХОДАМИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Разработана математическая модель управления расходами угледобывающих предприятий. Полученные с помощью математической модели прогнозные данные расчета полной себестоимости в разрезе элементов затрат дают возможность анализировать факторы и причины, которые обуславливают изменения управляющей системы, и применить альтернативные способы и методы достижения ожидаемого результата.

Ключевые слова: затраты, капитал, модель, нелинейность, предприятие, прогноз, себестоимость, система, фактор, функция, труд, этап.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

При классическом подходе к моделированию экономических систем используются линейные системы, в которых на небольшое количество сигналов на входе реагирует незначительная реакция на выходе. Интерес постнеоклассической науки, парадигматика которой в большинстве случаев обуславливается термодинамикой неравновесных процессов, смещается в сторону нелинейных систем как более присущих природе.

Неоклассические модели экономического роста преодолели ряд ограничений кейнсианских моделей и позволили более точно описывать особенности макроэкономических процессов [1, 2]. Неоклассическая теория экономического роста исследует механизм действия таких его факторов как капитал (K) и труд (L) через индекс многофакторной производительности и производственной функции.

Оценивание параметров производственной функции Кобба-Дугласа осуществляли В. Дубницкий, Г. Клейнер, В.Лотов, Ю. Лукашин и др. [3, 4, 5, 6, 7].

Харьковские ученые в статье [8] осуществили сравнение качества оценок параметров производственной функции Кобба-Дугласа, полученных методами линейного и нелинейного регрессионного анализа, с

помощью методов Ньютона-Гаусса и Левенберга-Марквардта.

Установление конкретной количественной формы выражения взаимосвязи между уровнем производительности труда и его капиталовооруженностью в процессе экономического роста основывается на производственных функциях. Экономическое содержание производственных функций состоит в выявлении влияния на экономический рост каждого производственного фактора в частности и результата их совокупного действия, то есть производственные функции раскрывают механизм действия факторов экономического роста.

Постановка задачи. Задачей данной работы является создание математической модели прогнозирования себестоимости и управления расходами угледобывающего предприятия.

Изложение материала и его результаты. Производственная функция – уравнение функциональной взаимосвязи между объемами выпуска национального продукта и затратами экономических ресурсов. В наиболее общем виде эта функциональная связь представлена формулой:

$$Y = f(K, L). \quad (1)$$

Если принять допущение о том, что затраты капитала и труда могут осуществ-

ляться независимо друг от друга, то, по теореме Эйлера, получим:

$$Y = \frac{\Delta Y}{\Delta K} \times K + \frac{\Delta Y}{\Delta L} \times L, \quad (2)$$

где ΔY , ΔK , ΔL – темпы прироста национального продукта, капитала и труда.

При этом $\Delta Y/\Delta K$ показывает предельную производительность капитала (предельную капиталотдачу), а $\Delta Y/\Delta L$ – предельную производительность труда, K и L – стоимостный объем капитала (стоимость средств труда) и труда (величина совокупной заработной платы). Итак, первая часть тождества ($\Delta Y/\Delta K \times K$) указывает на объем национального продукта, созданного капиталом, а вторая ($\Delta Y/\Delta L \times L$) – на объем ВВП, созданного трудом. Первой стала модель агрегированной производственной функции американских исследователей Ч. Кобба и П. Дугласа, которая была построена в 1928 г. по данным развития промышленности США в 1899-1922 гг. и представленная такой формулой:

$$Y = AK^\alpha L^\beta, \text{ при } \alpha + \beta = 1, \quad (3)$$

где Y – национальный продукт; A – коэффициент масштабности; K – объем использованного в экономике капитала (среднегодовая стоимость средств труда); L – применяемый объем труда (среднегодовой фонд заработной платы); α – коэффициент эластичности капитала; β – коэффициент эластичности труда. Коэффициенты эластичности показывают меру зависимости изменения объема продукта от капитала и труда (на 1 % их роста).

Ч. Кобб и П. Дуглас нашли значение приведенных коэффициентов ($A = 1,01$; $\alpha = 0,25$; $\beta = 0,75$). Относительно последних величин это означает: когда капитал возрастет на 1 %, то это приведет к росту продукта на 0,25 %, когда труд возрастет на 1 %, то продукт увеличится на 0,75 %. Если факторы одновременно увеличатся на 1 %, то и продукт увеличится на 1 %.

Производственная функция Кобба-Дугласа показывает постоянную отдачу от масштаба (пропорциональный количественный рост факторов и продукта), которая существует при условии, что $\alpha + \beta = 1$ (эластичность этой функции постоянная). Это означает, что она отображает экстенсивный экономический рост, то есть не учитывает влияния интенсивных (качественных) факторов роста.

Влияние интенсивных факторов показывает другая производственная функция – модифицированная функция Кобба-Дугласа, которая была усовершенствована Я. Тинбергеном. Производственная функция Кобба-Дугласа-Тинбергена имеет такой вид:

$$Y = AK^\alpha L^\beta \quad \alpha + \beta > 1, \quad (4)$$

где r – комплексный коэффициент многофакторной (совокупной) эффективности (он показывает рост качества капитала и труда под влиянием НТП, то есть повышение эффективности их использования). Теперь $\alpha + \beta = r$, при $r > 1$ (эластичность данной функции переменная). Если $\alpha + \beta > 1$, это означает: темп прироста национального продукта превышает темп прироста количества примененных факторов капитала и труда, отображая преимущественно интенсивный экономический рост.

Выраженная в показателях среднегодовых темпов прироста, производственная функция Кобба-Дугласа-Тинбергена приобретает такой вид:

$$Y = a^k + \beta^j + r, \quad (5)$$

где Y , k , j – темпы прироста национального продукта, капитала и труда.

Показатель r отображает повышение качества и рост производительности капитала и труда. Производственная функция Кобба-Дугласа-Тинбергена описывает реальные процессы экономического роста, в которых переплелись как экстенсивные, так и интенсивные факторы.

Этот тип производственной функции широко применяется для оценки макро-

экономической роли отдельных факторов производства (капитала и труда) в экономическом росте (определение возможного объема продукта при определенных объемах капитала и труда и определенной эффективности их применения), что и определяет ее экономическое содержание.

«Нелинейность» – фундаментальное концептуальное направление новой парадигмы, которую называют также парадигмой нелинейности. В математическом смысле нелинейность означает определенный вид уравнений, которые содержат искомые величины в степенях больше единицы или коэффициенты, которые зависят от свойств среды. Нелинейные уравнения могут иметь несколько (более одного) качественно разных решений. Отсюда возникает физическое содержание нелинейности: множеству решений нелинейного уравнения отвечает множество путей эволюции системы, которая описывается такими уравнениями (нелинейной системы).

Более того, на разных стадиях развития процессов в открытой нелинейной среде, можно ожидать изменения результатов процессов, в том числе переструктурирования – осложнение и деградация – организация среды. Причем это происходит не за счет изменения параметров среды, а как результат саморазвития процессов в нем.

Новое осмысление нелинейности динамических систем повлияло на развитие таких научных убеждений: многовариантности, альтернативности путей эволюции; выбора вариантов из данных альтернатив; темпов развития процессов в среде (эволюции); необратимости эволюции.

В рамках исследования с помощью нелинейного оценивания параметров производственной функции Кобба-Дугласа составлена математическая модель прогнозирования расходов угледобывающих предприятий, включающая такие этапы.

Этап 1. Расчет основных статистических показателей расходов: максимальные X_{max} и минимальные X_{min} значения; средние значения $X_{ср.}$; среднеквадратич-

ные отклонения σ , дисперсия d ; коэффициент корреляции ρ_c .

Этап 2. Расчет темпов изменений показателя себестоимости и показателей, которые формируют себестоимость.

Этап 3. Выявление факторов, которые более всего влияют на себестоимость добычи угля и степени их влияния.

Этап 4. Расчет отклонений и выявление расходов, которые имеют самые большие среднеквадратичные отклонения по методу анализа XYZ.

Этап 5. Расчет прогнозной себестоимости готовой угольной продукции.

Исследования проводились на основе статистической обработки данных полной себестоимости готовой угольной продукции в разрезе элементов расходов по угледобывающим предприятиям Луганской области за 11 лет.

Для прогнозирования и управления расходами угледобывающих предприятий предлагается такая базовая математическая модель себестоимости (С):

$$C = C_m \cdot K_m + C_{зч} \cdot K_{зч} + C_{ээ} \cdot K_{ээ} + C_t \cdot K_t + Z_n(1 + K_{нзн}) + B_{пр}, \quad (6)$$

где C_m и K_m – цена и количество материалов, которые используются на добычу 1 т угля, ден. ед.;

$C_{зч}$ и $K_{зч}$ – цена и количество запасных частей, которые используются на добычу 1 т угля, ден. ед.;

$C_{ээ}$ и $K_{ээ}$ – цена и количество электрической энергии, которые используются на добычу 1 т угля, ден. ед.;

C_t и K_t – цена и количество топлива, которые тратятся на добычу 1 т угля, ден. ед.;

Z_n – заработная плата в себестоимости 1 т угля, ден. ед.;

$K_{нзн}$ – коэффициент начисления на заработную плату;

$B_{пр}$ – прочие расходы в себестоимости 1 т угля, ден. ед.

Из проведенного анализа и реальных тенденций развития экономики необходимо к модели (6) внести такие коррективы:

учет изменения стоимости материалов, запасных частей, топлива и электрической энергии во времени (рыночная составляющая);

учет изменения заработной платы и начислений на нее во времени (рыночная и законодательная составляющие);

учет изменения других расходов во времени (промышленная или отраслевая составляющие).

Если представить функции изменения указанных выше составляющих во времени непрерывными функциями времени, их рост с постоянным темпом можно представить формулой:

$$A(t) = A(0)e^{\lambda t}, \quad (7)$$

где e – основа натурального логарифма;
 λ – непрерывный темп роста.

Беспрерывный темп роста рассчитывается по формуле:

$$\lambda(t) = \frac{d A(t)}{dt} \cdot \frac{1}{A(t)}, \quad (8)$$

где $A(t)$ – величина, для которой рассчитывается темп роста; t – время.

На основании проведенных расчетов темпов роста для всех показателей, которые входят в себестоимость добычи угля, можно составить формулы исчисления величины расходов на определенные статьи затрат, которые являются составляющими полной себестоимости добычи угля.

Так, для фактической величины расходов на материалы формула для угледобывающего предприятия выглядит таким образом:

$$B_M(t) = 10,6 \cdot e^{18,02 \cdot t}. \quad (9)$$

Таким образом, скорректированная модель с учетом темпов роста показателей для себестоимости добычи угля конкретным угледобывающим предприятием будет иметь вид:

$$\begin{aligned} C = & ДМ0 \cdot e^{T_M \cdot t} + ДЗЧ0 \cdot e^{T_{ЗЧ} \cdot t} + \\ & ДЭЭ0 \cdot e^{T_{ЭЭ} \cdot t} + ДТО \cdot e^{T_T \cdot t} + \\ & ДЗП0(1 + КНЗП) \cdot e^{T_{ЗП} \cdot t} + ДПП \cdot e^{T_{ПП} \cdot t} = \\ = & 10,6 \cdot e^{18,02(t-t_0)} + 11,17 \cdot e^{11,41(t-t_0)} + \\ & + 1,69 \cdot e^{10,4(t-t_0)} + 0,35 \cdot e^{15,89(t-t_0)} + \\ & + 19,95 \cdot e^{15,18(t-t_0)} (1 + 0,5) + 10,4 \cdot e^{-1,34(t-t_0)}, \end{aligned}$$

где t – номер года; t_0 – базовый год; D_i – доля расходов i -группы в полной себестоимости добычи угля; T_e – темп роста i – величины.

Анализируя результаты расчетов и фактические данные себестоимости угледобывающих предприятий, отметим, что общие тенденции совпадают. Более того, по основным статьям расходов отклонения фактических значений от теоретических не превышают 3 %, что является свидетельством о достаточном уровне адекватности модели.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Математическое моделирование определенным образом предполагает верификацию параметров и функциональных связей, которые используются в построении модели.

Как свидетельствуют исследования по угледобывающим предприятиям за последние 10 лет наблюдается неуклонный рост расходов на материалы, электроэнергию, заработную плату, амортизацию и прочие. Сравнение динамики добычи угля с динамикой себестоимости добычи угля показывает, что при снижении добычи угля наблюдается неуклонный рост себестоимости, и рост себестоимости осуществляется более быстрыми темпами.

С целью прогнозирования и управления расходами угледобывающих предприятий в долгосрочном периоде приведены формулы расчета величины затрат по составляющим полной себестоимости добычи угля.

Библиографический список

1. Гладун О. М. Питання класифікації вибірок / О. М. Гладун // Статистика України. — 2006. — № 1. — С. 8–14.

2. Ковальчук В. Ян Тінберген – перший нобелівський лауреат з економіки [Електронний ресурс] / В. Ковальчук // Вісник ТАНГ, 2005. — №3. — Режим доступу: http://www.library.tane.edu.ua/images/nauk_vydannya/Ma50zx.pdf
3. Дубницький В. Ю. Нелинейное оценивание параметров производственной функции Кобба-Дугласа / В. Ю. Дубницький, А. А. Савченко // Системи обробки інформації : зб.наук. пр. — Х. : ХУПС, 2009. — Вип. 2(76). — С. 109–112.
4. Задорожна Н. В. Макроекономічна теорія виробництва і витрат : навч. посіб. / Н. В. Задорожна. — К. : Знання, 2003. — 219 с.
5. Клейнер Г. Б. Производственные функции: теория, методы, применение / Г. Б. Клейнер. — М. : Финансы и статистика, 1996. — 239 с.
6. Леонтьева Е. Японская экономика вчера, сегодня, завтра: Общие условия развития / Е. Леонтьева // Знакомьтесь — Япония. — 2000. — № 26. — С. 3.
7. Лукашин Ю. Производственные функции в анализе мировой экономики / Ю. Лукашин, Л. Рахлина // Мировая экономика и международные отношения, 2004. — №1. — С.17–27.
8. Дубницький В. Ю. Визначення параметрів виробничої функції із сталою еластичністю / В. Ю. Дубницький, Б. В. Самородов // Системи обробки інформації : зб.наук. пр. — Харків : ХУПС, 2008. — Випуск 7(74). — С. 169–173.

**Рекомендована к печати д.э.н., проф. ДонГТУ Коваленко Н.В.,
директором ООО "Западная энергетическая компания -1" Олифиром Р.С.**

Статья поступила в редакцию 11.11.15.

д.е.н. Гришко Н.В., Калмыкова О.Ю. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ ВУГЛЕДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Розроблено математичну модель управління витратами вугледобувних підприємств. Отримані за допомогою математичної моделі прогностичні дані розрахунку повної собівартості в розрізі елементів витрат дають можливість аналізувати фактори й причини, які обумовлюють зміни керуючої системи, та застосовувати альтернативні методи досягнення очікуваного результату.

Ключові слова: витрати, капітал, модель, нелінійність, підприємство, прогноз, собівартість, система, фактор, функція, праця, етап.

PhD in Economics Grishko N.V., Kalmykova E.Yu. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

MATHEMATICAL MODEL OF COST MANAGEMENT AT COAL PRODUCING ENTERPRISES

Mathematical model of cost management at coal producing enterprises was developed. Obtained through mathematical model the prognostic calculated data of a whole cost value considering costs elements allow analyzing factors and reasons, which cause changes in the controlling system and apply alternative ways and methods to achieve necessary results.

Key words: costs, assets, model, nonlinearity, enterprise, forecast, cost value, system, factor, function, labour, stage.

УДК 658

к.т.н. Самкова Э.Р.,
к.э.н. Клецова Е.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ: ПОНЯТИЕ, ФАКТОРЫ, ВИДЫ

Для эффективной работы предприятию необходимо выдерживать различные внешние и внутренние нагрузки, т.е. обладать экономической устойчивостью. В статье произведено обобщение теоретических знаний для определения сущности экономической устойчивости, а также рассмотрены основные факторы, которые влияют на экономическую устойчивость предприятия.

Ключевые слова: экономическая устойчивость, микросреда, мезосреда, макросреда, факторы, производственно-хозяйственная деятельность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В настоящее время условия функционирования предприятия характеризуются постоянной зависимостью от всех субъектов общей инфраструктуры. Предприятие постоянно сотрудничает с внутренней и внешней средой, пытаются усилить свое положение на рынке и ослабить положение конкурентов.

Обеспечение экономической устойчивости - один из важнейших факторов функционирования и развития предприятия в условиях рыночной экономики. Актуальность этого направления непрерывно растет в соответствии с объективными требованиями растущих объемов производства и реализации продукции, усложнением хозяйственных связей, постоянно изменяющихся условий внешней среды.

Комплексный подход к разработке наиболее приемлемых вариантов обеспечения экономической устойчивости с учетом опыта развитых стран, отраслевой специфики факторов воздействия внешней и внутренней среды может стать основой разработки общей долгосрочной стратегии экономического развития предприятия [5].

Современное состояние проблемы обеспечения экономической устойчивости

предприятия можно представить как отсутствие четко обозначенного механизма, обеспечивающего динамичное и эффективное отслеживание долгосрочных перспектив развития как самого предприятия, так и внешней среды, которое принимает адекватные методологически обоснованные решения.

Вопросы, связанные с проблемой обеспечения экономической устойчивости предприятия нашли свое отражение в работах таких отечественных ученых как: Арефьевой Е.В., Городянской Д. М., Демьяненко И. В., Жукова П. П., Иванова В. Д., Кульбаки Н. А., Лигоненко Л. А., Товстяк Г. П., Цямрюк Ю.С.

Среди зарубежных ученых, которые анализируют проблемы экономического роста необходимо назвать Барканова А.С., Бодрова О. Г., Борисова Е. В., Брянцева И. В., Жамбекова Р. Л., Захарченко В. И., Д. Кейнса, Малыгина В. А., А. Маршала, Никешина С. Н., Окладского П. В., Омельченко И. Н., Погостинского Н. Н., Смита А., Тимирясова В. Т., Фоломьева А. Н.

Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена тем, что в современных условиях рыночной экономики обеспечение экономической устойчивости предприятия, и как следствие - его стабильного развития - это одна из важнейших проблем. Поскольку любое

предприятие нацелено на достижение максимальной прибыли в будущем, то для достижения такой цели необходимо прежде всего обеспечить устойчивое состояние уже сегодня.

Постановка задачи. Целью исследования является обобщение теоретических знаний по определению сущности экономической устойчивости, ее составляющих элементов, а также определение основных факторов, влияющих на устойчивость предприятия.

Изложение материала и его результаты. Под влиянием условий внешней среды идет процесс интеграции хозяйствующих единиц путем слияний и поглощений. Это происходит как на добровольной, так и на принудительной основе. Все это выдвигает новые требования к методам управления деятельностью предприятия в современных условиях. В связи с этим одной из важных проблем для любого современного предприятия является обеспечение экономической устойчивости в краткосрочной и долгосрочной перспективах. Теоретической основой для рассмотрения сущности понятия «экономическая устойчивость предприятия» являются научные разработки зарубежных и отечественных ученых, посвященные проблемам управления устойчивым развитием предприятия [1].

Проанализируем определение «экономическая устойчивость» с точки зрения различных авторов.

С точки зрения Харчука Т. В. Экономическая устойчивость предприятия – это владение саморегулируемой системой факторов производственного, финансового и социального характера, способной независимо от внешних воздействий и внутреннего состояния предприятия, за счет взаимной оптимизации внутренних связей, обеспечивать устойчивую финансовую и производственно-технологическую активность с целью удовлетворения общественных и социальных потребностей, как коллектива данного предприятия, так и общества в целом.

Кульбака Н. А. под экономической устойчивостью предприятия понимает равновесное, сбалансированное состояние экономических ресурсов, которое обеспечивает стабильную прибыльность и нормальные условия для расширенного воспроизводства устойчивого экономического роста, в длительной перспективе, с учетом важнейших внешних факторов.

Арефьева А.В. и Д.М. Городянская отмечают, что экономическая устойчивость предприятия представляет собой совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных структурных составляющих, объединенных одной целью, которая предусматривает создание, обеспечение и поддержание общего устойчивого функционирования предприятия. Однако, по нашему мнению, авторы не обращают внимание на стратегическую перспективу, а она играет решающую роль.

Цямрюк Ю.С. наоборот, рассматривает экономическую устойчивость как динамическую систему, которая находится под постоянным воздействием внутренних и внешних факторов.

Никешин С.Н., Окладский П.В, дают определение экономической устойчивости как способности противостоять негативному воздействию внешней среды [6 с.43, 7].

Авторы рассматривают экономическую устойчивость предприятия с точки зрения системы, которая способна возвращать предприятие к равновесию после прекращения действия негативных факторов внешней среды. Однако, они не указывают за счет каких именно факторов предприятие должно нейтрализовать негативное влияние.

Барканов А.С. отмечает: экономическая устойчивость – это наличие инновационного потенциала устойчивого развития и его эффективное использование для нейтрализации внешнего влияния и факторов дестабилизации [2]. Автор обращает внимание на нейтрализацию негативных факторов внешней среды и не учитывает

стратегическую перспективу, поскольку в текущей перспективе предприятие способно быстро вернуть себе экономическую устойчивость. Кроме того, внимание автора обращено лишь на инновационный потенциал и не учитывает другие составляющие экономической устойчивости.

С точки зрения А. Н. Фоломьева «экономическая устойчивость предприятия – это экономическая категория, которая характеризует сущность особого состояния хозяйственной системы. Она синтезирует в себе совокупность свойств как самой системы, так и важных составляющих ее производственной деятельности» [8, с.50].

В определении автор обращает особое внимание на производственную составляющую экономической устойчивости предприятия и недостаточно уделяет внимания другим ее составляющим. Из определения автора достаточно сложно понять, за счет каких именно ресурсов предприятие обеспечит себе экономическую устойчивость. Недостатком также является то, что автор не учитывает долгосрочную перспективу и негативное влияние внешней среды.

Считается, что экономическая устойчивость должна не только обеспечить сохранение достигнутого уровня, но и обеспечивать развитие, которое является неотъемлемой частью деятельности любого предприятия. Развитие проявляется в достижении запланированных показателей, положительной динамике развития предприятия и других показателей деятельности предприятия [4].

А. В. Борисова, В. Д. Камаев, Н. А. Кульбака, И. Н. Омельченко, А. Д. Шерemet определяют термин экономической устойчивости предприятия как его финансовую устойчивость. За счет устойчивой финансовой составляющей предприятие способно вкладывать средства в разработку новых товаров (услуг), осваивать новые рынки сбыта, обеспечивать маркетинговую устойчивость предприятия, развивать новые направления дея-

тельности, поддерживать инвестиционную устойчивость, и, имея высококвалифицированный персонал, обеспечивать кадровую устойчивость предприятия, эффективный процесс управления. Следовательно, финансовая составляющая считается ведущей и решающей, поскольку в рыночных условиях хозяйствования финансы являются движущей силой любой экономической системы.

Однако необходимо учитывать, что по состоянию одного показателя невозможно абсолютно правильно сделать вывод о состоянии системы в целом.

Учитывая вышеизложенное, предлагается уточнить определение экономической устойчивости. Экономическая устойчивость – это способность предприятия противостоять влиянию внутренних и внешних негативных факторов, без существенного изменения в производственно-хозяйственной деятельности предприятия, при эффективном использовании всех, имеющихся в его распоряжении, ресурсов с целью обеспечения его динамического развития в долгосрочной перспективе.

Экономическая устойчивость предприятия состоит из элементов, изменение которых отражается на производственно-хозяйственном состоянии предприятия в целом.

При обеспечении экономической устойчивости предприятия одним из важнейших аспектов является учет внешних и внутренних факторов. В современных условиях невозможно вести свою деятельность не обращая внимание на них. Влияние того или иного фактора может привести не только к нарушению экономической устойчивости, но и к банкротству предприятия. Для предотвращения негативного влияния факторов на деятельность предприятия необходимо заранее прогнозировать изменения во внешней среде, и применять меры эффективного реагирования на эти изменения с целью минимизации негативного влияния на экономическую устойчивость предприятия.

На экономическую устойчивость пред-

приятия оказывают влияние различные факторы. Именно их соотношение, взаимосвязь, взаимодействие играют важную роль при оценке устойчивости не только отдельных субъектов хозяйствования, но и экономики в целом.

Существуют различные подходы к классификации факторов, влияющих на экономическую устойчивость, в частности Прокопчук А. А. и Черноус О. И. в своих авторефератах к диссертациям выделяют факторы внутренней и внешней среды. К внешним факторам они относят: влияние рыночных механизмов хозяйствования, организационно-правовые отношения, социальные условия, инновации, маркетинговые и логистические факторы. К внутренним: инфраструктуру, трудовые ресурсы, финансовые ресурсы.

Факторы внешней среды имеют разные уровни и направление воздействия. Они носят как стабилизирующий так и дестабилизирующий характер. На основе динамики внешних факторов предприятие имеет возможность определить собственные сильные и слабые стороны в современных условиях и разработать мероприятия по его развитию. Влияние таких факторов в значительной степени приводит к менее устойчивому равновесию и стабильности субъектов хозяйственной деятельности, отраслей, увеличение зависимости от них национальной экономики в целом [3].

Учет приведенных факторов позволяет предприятию создать условия, способствующие поддержанию экономической устойчивости на заданном уровне и предотвращению ее снижения в постоянно меняющихся условиях рынка. Обеспечение экономической устойчивости требует от предприятия прогнозирования и учета всех нужд рынка, поведения конкурентов, поставщиков, состояния макроэкономической среды ведения бизнеса, организации управ-

ления на основе стратегического подхода. Подобный комплексный подход позволяет предприятию учитывать, как факторы внешней, так и внутренней среды и позволяет разработать систему мер на долгосрочную перспективу для дальнейшего устойчивого развития.

Большинство авторов разделяют факторы на внешние и внутренние (макро- и микросреду). С нашей точки зрения такое деление не в полной мере учитывает все многообразие факторов, которые влияют на производственно-хозяйственную деятельность предприятия. Для более полного учета и анализа негативного влияния факторов необходимо выделить факторы мезосреды, так как она непосредственно контактирует с предприятием. Мезосреда – это среда непосредственного окружения, которая оказывает большое влияние на деятельность предприятия. Мезосреда включает факторы, которые непосредственно влияют на деятельность предприятия: отраслевые особенности, поставщиков, торговую сеть, конкуренцию на рынке и т.д. Указанные факторы влияют на предприятие постоянно, поскольку ведение хозяйственной деятельности невозможно без их участия. Таким образом, выделение мезосреды позволит более полно проанализировать влияние факторов на деятельность предприятия.

Учитывая вышеизложенное предлагается расширить классификацию по сфере возникновения и выделить факторы макросреды, мезосреды и микросреды, которые приведены на рисунке 1.

Итак, к макросреде предлагается отнести факторы, к влиянию которых предприятие может только приспособиться (политические, экономические, правовые, демографические).

К мезосреде относятся факторы прямого воздействия, то есть влияние таких факторов предприятие может частично корректировать.



Рисунок 1 – Классификация факторов по сфере влияния

Например: изменения в ценовой политике поставщиков приведут к поиску новых, более выгодных поставщиков.

К микросреде относятся те факторы, которые касаются внутренней деятельности предприятия и на которые предприятие может повлиять.

Подобный подход позволит предприятию более комплексно учитывать факторы макро-, мезо- и микросреды и даст возможность разрабатывать комплекс стратегических мер для дальнейшего устойчивого развития.

Для предотвращения негативного влияния факторов на деятельность предприятия необходимо заранее прогнозировать изменения во внешней среде, и разработать меры эффективного реагирования на эти изменения с целью минимизации негативного влияния на экономическую устойчивость предприятия.

Выводы и направление дальнейших исследований. Определение понятия «экономическая устойчивость» имеет не только научное, но и практическое значение, поскольку его содержание определяет подходы к оценке деятельности предприятия. Научный подход к определению этого понятия до сих пор не имеет единого мнения. Несмотря на большое количество публикаций по данной проблеме, открытым для дискуссий остается вопрос о сущности экономической устойчивости. Учитывая это, предложено обобщенное определение экономической устойчивости предприятия. Для более полного анализа и учета факторов окружающей и внутренней среды была выделена мезосреда, как один из важнейших факторов влияния на экономическую устойчивость. Учет указанных факторов позволит предприятию создавать условия для эффективного ведения бизнеса.

Бібліографічний список

1. Ареф'єва О. В. Економічна стійкість підприємства сутність, складові та заходи з її забезпечення: [Текст] / О. В. Ареф'єва, Д. М. Городянська. – Актуальні проблеми економіки. – 2008. – № 8(86). – С. 83–90.
2. Барканов А. С. Оценка экономической устойчивости строительного предприятия / А. С. Барканов // Экономика строительства. – 2005. – №8. – С. 15–22.
3. Герасимов Б. Н. Экономическая устойчивость в деятельности предприятия / Б. Н. Герасимов, М. Н. Рубцова // Вестник ОГУ — Омск, 2006. – № 8. – С. 108–111.
4. Голобокова. Г. М. Экономическая стабильность : учебное пособие / Г. М. Голобокова. — М. : ИНФРА. — 2008.
5. Криворотов В. С. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук [Электронный ресурс] / В. С. Криворотов. — Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru/referat-94551.html>
6. Никешин С. Н. Предприятие и переходная экономика (некоторые аспекты) : учебное пособие / С. Н. Никешин. — СПб. : СПбГИЭА, 2010. — 80 с.
7. Окладский П. В. Соотношение понятий экономической несостоятельности и устойчивости предприятий / П. В. Окладский // Лесной журнал. — 2000. С. 176–180.
8. Фоломьев А. Н. Устойчивость предприятий в рыночном хозяйстве / А. Н. Фоломьев // Экономика и организация рыночного хозяйства. — М. : Прогресс, 1995. — 342 с.

*Рекомендована к печати д.э.н., проф. ДонГТУ Гришко Н.В.,
главным бухгалтером ООО «Интерпром» Шиловой О.В.*

Статья поступила в редакцию 16.11.15.

к.т.н. Самкова Е.Р., к.е.н. Клецова К.В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ЕКОНОМІЧНА СТІЙКІСТЬ: ПОНЯТТЯ, ЧИННИКИ, ВИДИ

Для ефективної роботи підприємствам слід володіти здатністю витримувати різноманітні зовнішні та внутрішні навантаження, тобто володіти економічною стійкістю. У статті здійснено узагальнення теоретичних основ щодо визначення сутності економічної стійкості, а також розглянуто основні чинники, що впливають на стійкість підприємства.

Ключові слова: економічна стійкість, мікросередовище, мезосередовище, макросередовище, чинники, виробничо-господарська діяльність.

PhD in Engineering Samkova E.R., PhD in Economics Kletsova Ye.V. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

ECONOMIC SECURITY: CONCEPT, FACTORS, TYPES

It is necessary for enterprise to be economically sustained to resist any internal and outer loads. In this paper theoretical generalization has been performed concerning determination of economic security principles as well as main factors have been studied, which influence economic security of an enterprise.

Key words: economic security, microenvironment, mesic environment, macroenvironment, factors, industrial and economic activity.

УДК 622.33.013

к.э.н. Белозерцев О.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, belozertcev@bk.ru)

ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ АЛЬТЕРНАТИВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НЕРЕНТАБЕЛЬНЫХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Разработана двухмерная матричная модель, позволяющая на основе учета инвестиционного потенциала шахт и срока доработки запасов осуществить оценку перспектив функционирования убыточных шахт и сформировать стратегические альтернативы по их дальнейшей деятельности.

Ключевые слова: убыточные угледобывающие предприятия, инвестиционный потенциал, срок доработки запасов, стратегические альтернативы.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Угольная отрасль Украины, являясь важным элементом системы обеспечения энергетической и экономической независимости национальной экономики страны, в настоящее время, находится в кризисном состоянии и требует разработки и реализации антикризисных мероприятий.

Целый ряд причин, как внешнего, так и внутреннего характера, среди которых основными являются: убыточность большинства шахт, высокий износ оборудования, тяжелое финансовое положение, низкая инвестиционная привлекательность, ухудшение горно-геологических условий ведения горных работ, а также отработка более продуктивных пластов угля актуализировал вопрос о проведении реструктуризации угольной отрасли и разработки соответствующей программы.

Мировая практика развития угольных отраслей уже имеет опыт решения подобных задач, связанных со структурными преобразованиями в отрасли. Как правило, основной целью разработки и реализации подобных программ преобразования является повышение эффективности работы отрасли в целом, путем закрытия нерентабельных и убыточных шахт, с последующей концентрацией ресурсов на наиболее привлекательных угледобывающих предприятиях.

Опыт проведения структурных преобразований в угольной отрасли предусмат-

ривает поэтапное решение задач реструктуризации, которые включают: комплексную оценку экономического состояния шахт и деление их на группы; закрытие бесперспективных шахт и их ликвидация, при минимизации экологических, экономических и социальных негативных последствий их закрытия; поиск путей решения задач по обеспечению потребностей страны в твердом топливе либо за счет импорта, либо за счет концентрации и интенсификации работ на перспективных предприятиях угольной отрасли [1, 2].

Реализация процедур реструктуризации позволила многим странам существенно снизить расходы на обеспечение потребностей экономики страны угольной продукцией, а, в некоторых случаях, даже за счет потери своей энергетической независимости.

С целью повышения эффективности работы угледобывающей отрасли, в Украине была разработана программа реструктуризации с использованием мирового опыта. Началом структурных преобразований в Украине, предусматривающих оптимизацию шахтного фонда, можно считать Указ Президента Украины "О структурной перестройке угольной промышленности" от 7.02.96 г. № 116, которым предусматривалось деление шахт на группы и закрытие бесперспективных.

При этом в процессе реализации этапа оценки экономического состояния шахт были предложены различные методические

подходы, основанные на использовании комплексного учета ряда показателей (финансовых, производственных, технико-технологических, экономических, горно-геологических и т.д.), позволяющих разделить все угледобывающие предприятия на три основные группы [3, 4, 5].

Как правило, в подобных работах, специалисты выделяют три группы шахт. I группа представлена наиболее перспективными, успешно функционирующими предприятиями, с высоким уровнем технико-экономических показателей, которые обеспечены значительными объемами балансовых запасов, отработка которых позволяет за счет использования собственных ресурсов и потенциала обеспечить не только свое выживание в краткосрочной перспективе, но и устойчивое развитие в долгосрочной.

II группу составляют шахты со средним или сравнительно низким уровнем технико-экономических показателей, которые обеспечены балансовыми запасами и могут за счет реализации собственных ресурсов и потенциала, обеспечить выживание, но не способны развиваться без привлечения дополнительных дотаций и инвестиций со стороны государства или частного бизнеса.

К III группе специалисты традиционно относят угледобывающие предприятия с очень низким уровнем технико-экономических показателей и неустойчивым экономическим положением. Как правило, шахты этой группы имеют или незначительные объемы балансовых запасов, или запасы, отработка которых в данных условиях развития экономики нецелесообразно и требуют значительных капиталовложений только на поддержание собственной жизнеспособности.

Однако следует отметить, что основным недостатком данных методик является использование в качестве критериев оценки фактически достигнутых на данный момент технико-экономических показателей, которые недостаточно полно отражающих перспективы развития этих шахт, что часто приводит к ошибочным результатам в процессе принятия решения об их закрытии.

Кроме того, к самой многочисленной третьей группе, отнесены шахты с различным экономическим и инновационным потенциалом, которые нуждаются в более обоснованных решениях по их досрочному закрытию.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка методического подхода к оценке перспектив функционирования убыточных шахт и формирование стратегических альтернатив по их дальнейшей деятельности.

Изложение материала и его результаты. Учитывая то, что значительное количество шахт Украины являются убыточными, и основные рекомендации, касающиеся перспектив развития нерентабельных шахт сводятся к их закрытию, целесообразным является проведение исследований по поиску альтернативных вариантов выживания и обеспечения стабильной работы убыточных шахт.

В процессе реализации программы реструктуризации угольной отрасли в течение длительного времени был значительно сокращен шахтный фонд за счет ликвидации неперспективных шахт, однако, цель реструктуризации по обеспечению устойчивого развития отрасли в полной мере не была достигнута [6]. Такая ситуация обусловлена влиянием ряда объективных и субъективных факторов, и особенностями процесса реструктуризации угольной отрасли Украины, основные из которых были выделены в результате проведенного исследования:

- недостаточные объемы финансирования процесса реструктуризации отрасли и неэффективное использование выделенных средств;
- отсутствие комплексного подхода к решению целого ряда экономических и социальных проблем, связанных с ликвидацией шахт;
- большинство шахт является градообразующими предприятиями, представляющими собой моноотраслевую производственную структуру населенных пунктов;

- ликвидированные шахты, особенно на начальных этапах реструктуризации, имели достаточный потенциал для возобновления стабильной работы и значительные запасы угля;

- ликвидация шахт при недостаточном финансировании процесса вызвала целый ряд экологических проблем, связанных с гидрогеологическими, гидрогеохимическими, газогеохимическими, инженерно-геологическими и сейсмическими последствиями, которые требуют для своего решения значительных финансовых ресурсов;

- отсутствие комплексной научно-прогнозной оценки возможных последствий для смежных отраслей.

За время проведения структурных преобразований в отрасли был разработан ряд программ по ее реформированию, цели, задачи и содержимое которых постоянно корректировались с учетом изменения факторов внешней и внутренней среды. Вместе с тем следует отметить, что эти программы активно реализовывались только в части физического закрытия шахт, при этом недостаточное внимание уделялось вопросам, связанным с ликвидацией последствий закрытия шахт, и концентрации и интенсификации добычи на перспективных предприятиях.

Для поддержки функционирования шахт со стороны государства выделяются бюджетные дотации. При этом следует отметить, что основная часть этих дотаций направляется на частичное покрытие расходов на себестоимость, что не способствует стимулированию снижения затрат. Привлечение частного капитала для обеспечения выживания, стабильного функционирования и дальнейшего развития угольных предприятий практически невозможно по причине низкой инвестиционной привлекательности убыточных предприятий. Основным ориентиром для инвестиций частного сектора в угольную отрасль служат предприятия первой группы, способные при минимальных вложениях обеспечить значительный объем добычи угля при себестоимости добычи значительно ниже средней по отрасли.

Проведенный анализ научных публикаций позволил выявить основные причины, по которым принимались решения по ликвидации шахт, связанные с низкими технико-экономическими показателями их работы, отсутствием фронта очистных работ и значительными затратами на добычу угля.

Вместе с тем, как показал анализ закрытых шахт, можно отметить, что многие из них имели значительные запасы угля и при соответствующих инвестициях, объемы которых значительно меньше затрат на ликвидацию шахт, могли бы функционировать и дальше [7, с.23]. При этом исследованиями установлено, что убыточность большинства ликвидируемых шахт была обусловлена одной или комплексом причин, связанных: со сложностью горно-геологических условий залегания угольных пластов; недостаточными объемами собственных финансовых ресурсов и неэффективным их использованием, а также несоответствующим рыночным условиям уровнем менеджмента. Устранение этих причин позволило бы обеспечить улучшение экономического состояния ликвидируемых шахт.

Таким образом, несбалансированная работа шахт является необязательным условием для ее закрытия, поскольку каждое предприятие может иметь свои внутренние резервы для повышения экономического потенциала и улучшения результатов работы.

Учитывая значимость угольной отрасли в вопросах обеспечения народного хозяйства Украины собственными энергоресурсами следует отметить, что снижение объемов добычи угля из-за ликвидации шахт, без восстановления производственных мощностей, ведет к значительно большим потерям экономики страны, чем затраты на поддержание работы шахт.

Кроме того, изменение влияния факторов внешней среды, среди которых можно выделить мировое увеличение цен на газ, будет способствовать изменению критериев, на основании которых принимаются решения по убыточности шахт и их закрытию.



Рисунок 1 – Матрица – «инновационный потенциал – срок доработки запасов»

Учитывая то, что убыточными в настоящее время является значительное количество шахт и эти шахты имеют разный экономический потенциал, целесообразными являются исследования по поиску возможных направлений продления срока их службы. Для принятия решений по реализации различных стратегических альтернатив развития убыточных шахт предлагается использовать матрицу "инновационный потенциал – срок доработки запасов", что позволяет учитывать эффективность использования капиталовложений в процессе реструктуризации и объемы балансовых запасов (рис. 1).

В качестве одного из критериев, влияющего на принятие решения относительно дальнейшего функционирования угледобывающих предприятий, предлагается использовать показатель инновационного потенциала шахты, который позволяет оценить возможность и эффективность внедрения на угледобывающем предприятии новых технико-технологических решений на всех подсистемах и технологических звеньях шахты, ее инвестиционную привлекательность, рациональное использование ресурсов, необходимые объемы капитальных вложений и дотаций для обеспечения стабильного функционирования шахты. Вторым критерием, характеризующим возможность обеспечения дальнейшего функционирования

убыточных шахт, отражает время отработки промышленных запасов угля в границах горного отвода.

Вертикальная ось, определяющая величину инновационного потенциала шахты, и горизонтальная, характеризующая время отработки запасов, делятся пополам, создавая в матрице сегменты. Инновационный потенциал шахт оценивается как высокий и низкий, а по критерию срока службы предлагается разделить все шахты на две группы: со сроком доработки запасов до 10 лет и более.

Согласно этим критериям на поле матрицы "инновационный потенциал – срок доработки запасов" выделено четыре сегмента, которые характеризуют различные условия функционирования финансово несбалансированных шахт.

Шахты, расположенные в сегменте "Поддержка", имеют относительно высокий инновационный потенциал и значительные запасы угля, позволяющие обеспечить функционирование шахты в течение длительного периода. Основная цель для шахт этого сектора заключается в обеспечении возможности реализации имеющегося инновационного потенциала. Эти угледобывающие предприятия при использовании внутренних резервов имеют потенциальные возможности обеспечить сбалансированную работу. Достижение этой цели возможно за

счет внедрения стратегических альтернатив, позволяющих провести соответствующие изменения и обеспечить поддержку работы этих шахт, как за счет внутренних резервов, так и за счет привлечения дополнительных ресурсов. Шахты этого сектора, среди группы убыточных шахт, должны стать первоочередными объектами поддержки государством путем предоставления бюджетных дотаций на частичное покрытие расходов по себестоимости продукции и капитальное строительство, а также техническое переоснащение. Период реализации своего инновационного потенциала и обеспечение стабильной работы шахт, расположенных в сегменте "Поддержка", определяется объемом капиталовложений, а также сроком увеличения фронта очистных работ и ввода новых забоев, оборудованных механизированными комплексами. Привлечение частного капитала для реализации задач шахт этой группы представляется достаточно сложным, так как в первую очередь значительный интерес для приватизации будут представлять шахты первой и второй группы, имеющие большую инвестиционную привлекательность. При этом количество шахт, которые могут быть приватизированы, определяется объемами угля соответствующего марочного состава, необходимого для удовлетворения потребностей крупных промышленно-финансовых групп и объединений с учетом растущей конкуренции на рынке угля.

Сегмент "Выживание" объединяет шахты, имеющие высокий инновационный потенциал, но ограниченные запасы угля в пределах шахтного поля. Основная задача шахт этого сектора заключается в обеспечении выживания шахт и поиска путей продления срока службы шахт за счет увеличения размеров шахтного поля и соответственно запасов. При наличии такой возможности угледобывающее предприятие за счет бюджетных дотаций может реализовать свой инновационный потенциал и занять позицию в секторе "Поддержка". Если отсутствует возможность

продления срока службы шахты таким путем, то наиболее целесообразным вариантом может быть передача шахты в аренду на льготных условиях с целью доработки оставшихся запасов и подготовки ее к закрытию. Включение шахт с небольшими запасами угля в акционерные общества на основании договора аренды позволит обеспечить доработку запасов угля без помощи государства. При этом арендатор берет на себя обязательства по закрытию такой шахты и минимизации негативных социальных и экологических последствий.

Шахты сегмента "Консервация", имеющие значительные объемы балансовых запасов угля, но низкий инновационный потенциал, в качестве основной задачи могут рассматривать возможность его сохранения для того, чтобы при изменении конъюнктуры рынка иметь возможность в короткий срок восстановить добычу угля. Для шахт этого сектора лучшими стратегическими альтернативами являются те, что связаны с консервацией шахт, варианты которой зависят от многих факторов внешней и внутренней среды. Независимо от применения различных технологических схем консервации, основным ее направлением является сокращение затрат и поддержание шахты в работоспособном состоянии. Лучшим в этом случае является "сухая" консервация, реализация которой предполагает постоянную откачку воды из шахты. Мировая тенденция роста цен на газ обуславливает разработку новых методических подходов к оценке целесообразности отработки имеющихся запасов и формированию новых критериев оценки привлекательности шахт. Исходя из чего в ближайшей перспективе, шахты этого сектора могут стать объектами инвестиций, что позволит обеспечить их дальнейшую эксплуатацию.

Шахты, расположенные в сегменте «Закрытие», у которых практически отсутствуют запасы угля, а инновационный потенциал оценивается как низкий, не имеют перспектив своего развития, даже при условии значительных капитальных вложений.

ЭКОНОМИКА

Таблица 1 – Приоритетность и основные направления вложений дотаций и инвестиций в развитие шахт Украины

Группы шахт	Возможные направления дотаций и инвестиций на шахтах		
	Капитальное строительство и техническое перевооружение	Частичное покрытие затрат на себестоимость продукции	Реструктуризация
Шахты I группы	++		
Шахты II группы	+	+	
Шахты III группы, в том числе по секторам:			
"Поддержка"	+	+	
"Выживание"		+	+
"Консервация"			++
"Закрытие"			++

Основная задача в процессе реструктуризации шахт этой группы заключается в постепенной подготовке их к закрытию и уменьшению негативных социальных и экологических последствий для региона, связанных с их ликвидацией. Закрытие шахт этого сектора позволит перераспределить объемы государственных дотаций на частичное покрытие расходов по себестоимости угольной продукции среди других шахт. Наиболее сложной задачей в процессе реализации стратегических альтернатив, связанных с закрытием шахт, является разработка программ по минимизации негативных последствий их ликвидации. Как показывает практика, при закрытии шахт социальные, экономические и экологические негативные последствия создают угрозы шахтерским регионам, ликвидация которых требует значительных финансовых ресурсов [8-10]. Опыт решения подобных задач в других странах позволяет выделить основные направления преодоления таких последствий. При этом следует отметить комплексность решения этих проблем с привлечением значительных объемов финансовых ресурсов.

Учитывая ограниченные финансовые возможности государства можно выделить

приоритетность и основные направления вложения государственных дотаций в развитие шахт Украины (табл. 1).

Выводы и направления дальнейших исследований. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что существующий подход к выбору стратегических альтернатив развития убыточных шахт, нуждается в корректировке с учетом инновационного потенциала и возможности обеспечения их дальнейшего развития.

С целью определения перспектив их развития предложено использовать матрицу "инновационный потенциал – срок доработки запасов", что позволяет среди убыточных шахт III группы выделить угледобывающие предприятия с различными возможностями реализации этого потенциала. Согласно выделенных групп шахт установлена приоритетность и основные направления вложений государственных дотаций и инвестиций частного капитала в развитие шахт Украины.

Предложенный методический подход позволяет принимать более обоснованные решения по закрытию шахт и эффективно использовать бюджетные дотации в целях обеспечения устойчивой работы шахт в период реформирования угольной отрасли.

Бібліографічний список

1. Ямпольская И. Л. Опыт реструктуризации угольной промышленности в странах мира / И. Л. Ямпольская // Теория и практика управления. — 2005. — № 4. — С. 44–56.
2. Амитан В. Н. Экономико-политические и социальные проблемы реформирования угольной промышленности за рубежом / В. Н. Амитан, Ю. Н. Киклевич // Уголь Украины. — 2004. — № 1. — С. 51–55.
3. Радченко В. В. Пути повышения конкурентоспособности угольной отрасли / В. В. Радченко, П. И. Пономаренко, Д. В. Кабаченко // Уголь Украины. — 2005. — № 1. — С. 21–26.
4. Піскунова Н. В. Формування інформації щодо витрат на виробництво вугільної продукції / Н. В. Піскунова // Уголь Украины. — 2007. — № 3. — С. 14–16.
5. Долимер Е. Я. Условия повышения конкурентоспособности шахт Донбасса / Е. Я. Долимер // Менеджер. — 1998. — № 2. — С. 126–130.
6. Тулуб С. Б. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Украины / С. Б. Тулуб. — К. : УкрНИИпроект, 2007. — 70 с.
7. Ляшко О. Ф. Економічні втрати від дострокового закриття шахт / О. Ф. Ляшко // Уголь Украины. — 2001. — № 5. — С. 22–24.
8. Социальные последствия закрытия шахт в Украине // Теория и практика управления. — 2005. — № 5. — С. 26–32.
9. Залесов М. Д. Реструктуризация в угольной отрасли и ее последствия / М. Д. Залесов, А. Ф. Охременко // Регіональні перспективи. — № 2003. — № 4-5. — С. 8–10.
10. Бесіда М. І. Виведення з експлуатації шахт і геологічне середовище / М. І. Бесіда // Екологічний вісник. — 2002. — № 9–10. — С. 14–15.

**Рекомендована к печати д.э.н., проф. ДонГТУ Гришко Н.В.,
гл. специалистом управления экономики, рыночных отношений и собственности
администрации г. Алчевска Сулеймановой Т.А.**

Статья поступила в редакцию 16.11.15.

к.е.н. Бєлозерцев О.В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР, belozertcev@bk.ru)

ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЧНИХ АЛЬТЕРНАТИВ ФУНКЦІОНУВАННЯ НЕРЕНТАБЕЛЬНИХ ВУГЛЕДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Розроблено двомірну матричну модель, що дозволяє на основі врахування інвестиційного потенціалу шахт і терміну доопрацювання запасів здійснити оцінку перспектив функціонування збиткових шахт і сформуванню стратегічних альтернатив щодо їх подальшої діяльності.

Ключові слова: збиткові вугледобувні підприємства, інвестиційний потенціал, термін доопрацювання запасів, стратегічні альтернативи.

PhD in Economics Belozertsev O.V. (DonSTU, Alchevsk, LPR, belozertcev@bk.ru)

DEVELOPMENT OF STRATEGIC OPERATIONAL ALTERNATIVES OF UNPROFITABLE COAL MINING ENTERPRISES

Two-dimensional matrix model has been developed considering investment potential of mines and terms of cleaning-up to estimate working perspectives of unprofitable mines and to develop strategic alternatives on their further operation.

Key words: unprofitable coal-mining enterprises, investment potential, term of stock revision, strategic alternatives.

УДК 330.123.71: 657.2.016.3

к.э.н. Кунченко А.В.,
Попова Э.В.,
Григоренко Е.Л.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТНОГО ПРОЦЕССА КОНСЕРВАЦИИ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ

В статье обоснована целесообразность усовершенствования организации учетного процесса консервации основных средств. Разработаны этапы организации учетного процесса консервации основных средств. Предложена формула оценки эффективности консервации основных средств.

Ключевые слова: консервация, организация, основные средства, усовершенствование, учетный процесс, эффективность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Дестабилизация социально-экономического положения донбасского региона, вызванная политической нестабильностью последних лет, привела к разрыву хозяйственных связей, логистики, правовой неопределенности предприятий. Такие условия требуют принятия нестандартных управленческих решений, одним из которых может быть консервация основных средств.

Консервация основных средств позволяет уменьшить эксплуатационные расходы на их содержание, приостановить начисление амортизационных отчислений, обеспечить сохранность и подготовить объект к эксплуатации в более благоприятных условиях.

Порядок подготовки к консервации, ее проведение и расконсервация основных средств установлен в «Положении о порядке консервации основных производственных фондов предприятий», утвержденное постановлением Кабинета Министров Украины от 28.10.1997 г. №1183 (далее – Положение №1183). Этот нормативно-правовой акт обязателен исключительно для государственных предприятий и имеющих стратегическое значение. Для других он носит рекомендательный характер. Вышеназванный документ содержит фрагментарные реко-

мендации по отражению такого типа операций в учетном процессе.

В сложившейся ситуации ученые и практики приводят собственные взгляды решения этой проблемы.

На страницах всеукраинских профессиональных изданий по бухгалтерскому учету [1, 2] излагается механизм, бухгалтерский и налоговый учет консервации основных средств. Глубокий анализ нормативно-правовой базы, представленный в статьях, способствует детальному описанию порядка консервации основных средств в учетном процессе. Но систематическое изменение законодательного поля сводят на нет актуальность отдельных их положений.

Авторы публикаций [3, 4, 5] на страницах научных изданий приводят свои взгляды на устранение существующих пробелов в учетном процессе консервации основных средств. Большая часть изложенного материала посвящена усовершенствованию документального оформления операций консервации основных средств и этапов их проведения. Это свидетельствует о раскрытии только одной из стадий учетного процесса – первичного оформления.

Таким образом, определение эффективности и усовершенствование учетного процесса консервации основных средств является актуальным направлением исследования.

Постановка задачи. Задачей данной работы является формирование показателя эффективности и усовершенствование учетного процесса консервации основных средств.

Изложение материала и его результаты. Консервация основных средств – это комплекс мероприятий, направленных на долгосрочное (но не более трех лет) хранение таких активов, в случае прекращения производственной и другой хозяйственной деятельности, с возможностью дальнейшего восстановления их функционирования [6].

Управленческое решение о консервации основных средств должно иметь экономическую эффективность. В Положении №1183 указывается, что перед консервацией основных средств следует составить технико-экономическое обоснование, состоящее из:

- сведений об основных средствах предприятия, подлежащих консервации;
- проект консервации;
- акт технического состояния основных средств на момент их консервации;
- данные об учете основных средств предприятия с распределением по группам, подлежащим консервации.

В проекте консервации должны быть обозначены виды и годовые объемы продукции, выпускающиеся на мощностях основных средств, подлежащих консервации. Влияние консервации основных средств на такие показатели деятельности предприятия: выполнение плана в течении срока консервации, использование мощностей, ценообразование, рентабельность, прибыль, реализация, финансовое положение предприятия.

Следует отметить, что такой проект составляется специальной комиссией во главе с руководителем предприятия, является обязательным для стратегических и государственных предприятий. Считаем, для других предприятий составление проекта может быть не обязательным. Обоснованность решения консервации основных

средств можно подтвердить расчетом соответствующего коэффициента.

Коэффициент экономической эффективности консервации основных средств ($K_{\text{кoc}}$) предлагаем рассчитывать как отношение суммы расходов на содержание объекта основных средств после консервации (P_i) к сумме расходов – до консервации (P_k) за соответствующий период.

$$K_{\text{кoc}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{k=1}^n P_k}. \quad (1)$$

Значение коэффициента будет изменяться в диапазоне от «0» до «1». Чем ближе значение коэффициента к «0» тем эффективнее решение консервации основных средств и наоборот.

Одним из заданий консервации является сохранность объекта основных средств, что требует определенных расходов:

- на подготовку технико-экономического обоснования необходимости проведения консервации основных средств;
- на удаление и уничтожение остатков незавершенного производства, а также отходов, если их невозможно реализовать;
- на демонтаж оборудования и перевозку его и других материальных ценностей на другие объекты, или же упаковка и складирование с целью длительного хранения;
- на выплату выходного пособия уволенным работникам;
- на противопожарную и сторожевую охрану;
- на оплату коммунальных услуг;
- на прочие расходы, связанные со спецификой объекта основных средств.

К расходам связанным на содержание объекта основных средств следует относить:

- амортизационный отчисления;
- оплата коммунальных, противопожарных и охранных услуг;
- заработную плату работников, задействованных на объекте основных средств;

– прочие, связанные со спецификой объекта основных средств.

При консервации основных средств на период более одного года целесообразно учесть фактор времени, посредством дисконтирования сумм расходов P_i и P_k :

$$ЧПСР = \sum \frac{P_i}{(1+d)^n} - P_k, \quad (2)$$

где ЧПСР – чистая приведенная стоимость консервационных расходов; d – ставка дисконта; n – число лет, на которые консервируется объект основных средств.

В формуле (2) P_k – это сумма расходов, которую несет предприятие на содержание объекта основных средств без консервации.

Отрицательное значение ЧПСР будет свидетельствовать об экономической эффективности консервации основных средств.

В качестве ставки дисконтирования, как правило, используется кредитная ставка банка, средневзвешенная стоимость капитала, альтернативная стоимость капитала, внутренняя норма доходности, уровень инфляции. В сложившихся условиях, считаем, наиболее приемлемым вариантом выбора ставки дисконта – уровень инфляции. Такая ставка дисконта будет показывать оценку стоимости риска обесценивания средств за период.

Получив позитивную оценку эффективности консервации основных средств, следует переходить к стадии оформления этого процесса.

Согласно п. 10 Положения №1183 создается комиссия по вопросам консервации основных средств во главе с руководителем предприятия. Комиссия составляет Акт о временном выводе основных средств из производственного процесса и их консервации по форме из приложения 1 к Положению №1183.

Считаем, что до создания такой комиссии или одновременно необходимо провести инвентаризацию объектов основных средств, подлежащих консервации. Инвен-

таризация проводится членами постоянно действующей комиссии. Результаты инвентаризации оформить типовыми формами: № инв.-1 «Инвентаризационная опись основных средств», № инв.-18 «Сравнительная ведомость результатов инвентаризации основных средств». Опираясь на результаты этих документов комиссия по консервации составляет Акт о временном выводе основных средств из производственного процесса и их консервации (далее – Акт).

В соответствии с Положением №1183 Акт является основанием для : разрыва в установленном порядке трудовых договоров с работниками, занятыми на объекте основных средств; начала работ по консервации. По окончании таких работ в Положении №1183 рекомендуется составить Акт о принятии основных средств на консервацию. Форма такого акта не предусмотрена, поэтому предлагаем использовать типовую форму №ОЗ-1 «Акт приема-передачи (внутреннего перемещения) основных средств». Использование этой типовой формы первичного документа оправдывается и тем, что она является основанием для отметки в инвентарной карточке учета основных средств (№ОЗ-6) о переводе на консервацию и приостановлении начисления амортизации.

Оформленные первичные документы передаются в бухгалтерскую службу предприятия, где производятся соответствующие записи на счетах бухгалтерского учета.

С целью повышения оперативности доступа к учетной информации законсервированных основных средств, предлагаем дополнить синтетические счета субсчетами третьего порядка. Например, счет 104 «Машины и оборудование» субсчетом 1041 «Законсервированные машины и оборудования». Следует отметить, что такие изменения будут правомерны, если их отразить в приказе об учетной политике.

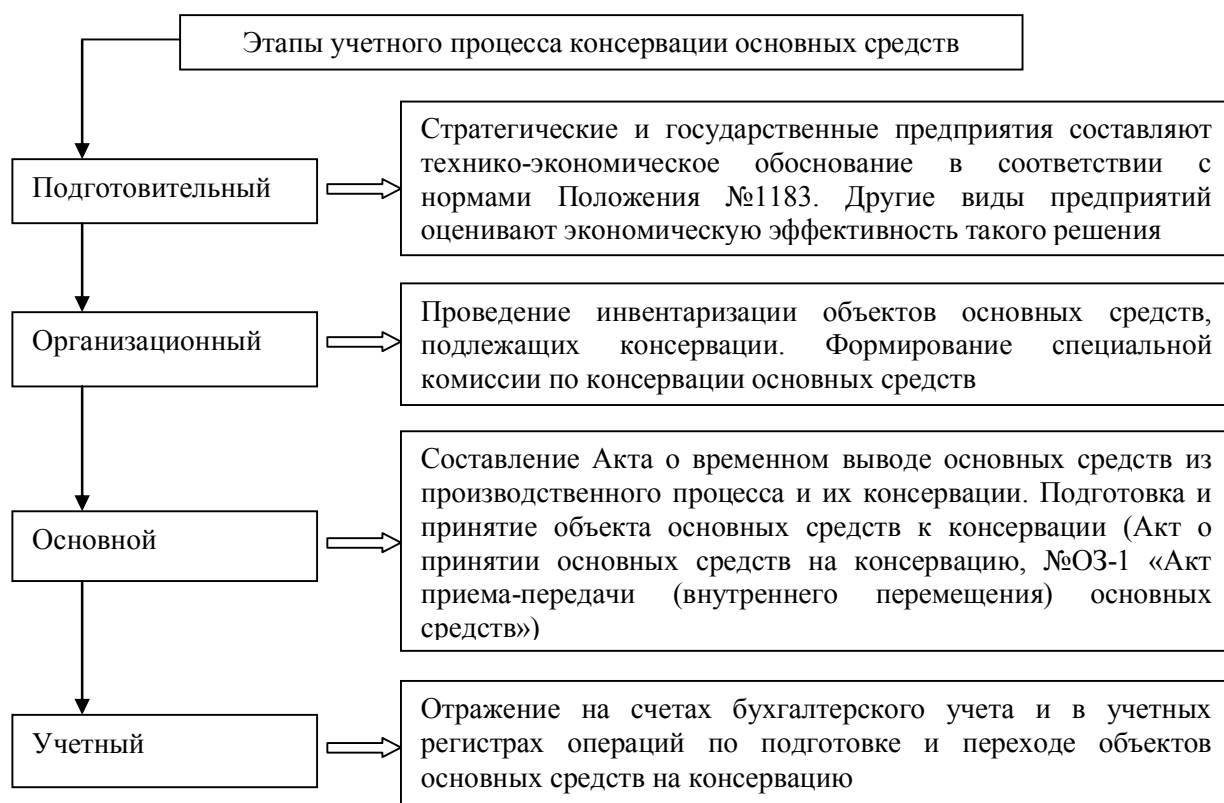


Рисунок 1 – Этапы учетного процесса консервации основных средств

Сумму расходов, связанных с консервацией основных средств, следует относить на счет 977 «Прочие расходы обычной деятельности». Такое отнесение рекомендовано письмом Министерства финансов Украины от 24.04.2009 г. №31-34000-20-10/11663 [6].

Итак, учетный процесс консервации основных средств можно распределить по таким этапам (рис. 1).

Рассмотрим на условном примере учетный процесс консервации основных средств. Руководством предприятия рассматривается вариант консервации склада на период с 01.01 по 01.07 месяца следующего за отчетным периодом.

По данным бухгалтерского учета первоначальная стоимость склада – 738456 руб., износ – 235000 руб., ежегодная сумма амортизационных отчислений 35000 руб. Расходы на консервацию объекта будут

состоять из заработной платы (с начислениями) работников, занятых уборкой помещений и погрузочными работами, а также стоимости товарно-материальных ценностей, использованных для консервационных работ, на общую сумму 10000 руб. Для охраны законсервированного склада предусмотрено привлечение сторонней организации – 25000 руб. Консервируя склад, принято решение не продлевать трудовое соглашение с кладовщиком. Ежемесячные расходы на его оплату труда (с начислениями) составляют 4500 руб.

После составления Акта о временном выводе объекта основных средств из производственного процесса и их консервации, Акта о принятии основных средств на консервацию в бухгалтерском учете предприятия будут отражены такие операции (табл.1).

ЭКОНОМИКА

Таблица 1 – Отражение операций консервации основных средств в бухгалтерском учете

Содержание хозяйственной операции	Первичный документ	Дебет	Кредит	Сумма, руб.
1. Составлен и утвержден Акт о временном выводе объекта основных средств из производственного процесса и их консервации, понесены расходы на консервацию склада предприятия	Расходная накладная, акт выполненных работ (услуг), расчетно-платежная ведомость	977	20, 22, 65, 66, 63	10000
2. Составлен и утвержден Акт о принятии на консервацию склада	№ОЗ-1 «Акт приемки-передачи (внутреннего перемещения) основных средств», №ОЗ-6 «Инвентарная карточка учета основных средств»	1031	103	738456
		1311	131	235000
3. Получены (потреблены) услуги охранной организации	Договор, счет-фактура	977	685	25000
4. Оплачены услуги охранной организации	Платежное поручение	685	311	25000

Согласно нормам П(с)БУ 7 «Основные средства» [7] начисление амортизации приостанавливается в следующем месяце после перевода склада на консервацию. На основные средства, для которых установлен производственный метод, амортизация прекращается с даты, следующей за датой выбытия объекта. Считаем, что такой датой, является дата утверждения руководителем предприятия Акта о принятии основных средств на консервацию. При составлении финансовой отчетности остаточная стоимость законсервированного склада отражается в строках №1010-1012 формы №1 «Баланс» (Отчет о финансовом состоянии).

Библиографический список

1. Бойчук Е. Консервация основных средств: механизм, бухгалтерский и налоговый учет / Е. Бойчук // Все о бухгалтерском учете. — 2012. — №51. — С. 6–11.
2. Зубрицкая И. Готовимся к зиме – 4 / И. Зубрицкая // Дебет-Кредит. — 2005. — №51. — С. 22–24.
3. Охромович О. Р. Організація первинного обліку консервації та розконсервації основних засобів / О. Р. Охромович // Незалежний АУДИТОР. — 2013. — №5. — С. 39–42.
4. Охромович О. Р. Консервація та розконсервація об'єктів будівництва: організація первинного обліку / О. Р. Охромович // Актуальні проблеми економіки. — 2014. — №5. — С. 47–477.

Выводы и направление дальнейших исследований. Предложенные показатели оценки эффективности консервации основных средств позволят предприятиям, не относящимся к стратегическим и государственным, сократить время и трудоемкость принятия такого решения. Использование типовой формы первичного учета №ОЗ-1 «Акт приема-передачи (внутреннего перемещения) основных средств» и субсчетов третьего порядка основных средств, способствуют ускорению аналитической обработки информации.

Учетный процесс расконсервации основных средств является направлением дальнейших исследований.

5. Шевченко Н. О. Проблеми та шляхи удосконалення обліку основних засобів в сільськогосподарських підприємствах // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. — 2014. — №. 84. — С. 155–162.

6. Про порядок консервації основних виробничих фондів підприємств : постанова Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 1997 р. №1183 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1183-97-%D0%BF>

7. Щодо обліку витрат на консервацію будівництва : лист Міністерства фінансів України №31-34000-20-10/11663 від 24.04.2009 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://buhgalter911.com/Res/Zakoni/Pisma/Pisma_633794059418583512.aspx

*Рекомендована к печати д.э.н., проф. ДонГТУ Гришко Н.В.,
директором ОП «Шахта им. Артема» Рукавица И.В.*

Статья поступила в редакцию 24.11.15.

к.е.н. Кунченко О.В., Попова Е.В., Григоренко О.Л. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛІКОВОГО ПРОЦЕСУ КОНСЕРВАЦІЇ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ

У статті обґрунтовано доцільність вдосконалення організації облікового процесу консервації основних засобів. Розроблено етапи організації облікового процесу консервації основних засобів. Запропоновано формулу оцінки ефективності консервації основних засобів.

Ключові слова: консервація, організація, основні засоби, удосконалення, обліковий процес, ефективність.

PhD in Economics Kunchenko A.V., Popova E.V., Grigorenko Ye.L. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

ASSESSMENT OF EFFICIENCY AND IMPROVEMENT OF ACCOUNTING PROCESS OF FIXED ASSETS CONSERVATION

Expedience of improving the organization of accounting process of fixed assets conservation is substantiated in this paper. Stages of organization of accounting process of fixed assets conservation have been developed. Formula for efficiency assessment of fixed assets conservation is proposed.

Key words: conservation, organization, fixed assets, improvement, accounting process, efficiency.

УДК 65.016.7:338.1

к.э.н. Дьячкова В.В.,
Патутина А.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОСОБЕННОСТИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье дано определение антикризисного управления, выявлены функции и стратегии антикризисного управления. Определена и классифицирована его проблематика. Представлен комплекс антикризисных мероприятий для предприятий угольной промышленности.

Ключевые слова: антикризисное управление, банкротство, финансовое состояние, прогнозирование кризисов, угледобывающие предприятия.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Руководители предприятий угледобывающей промышленности вынуждены постоянно принимать решения в условиях неопределенности из-за состояния современной экономики. В условиях финансовой и политической нестабильности деятельность угледобывающих предприятий может повлечь за собой различные кризисные ситуации, результатом которых, как правило, становится несостоятельность либо банкротство. Для восстановления финансового равновесия предприятия и минимизации размеров снижения его рыночной стоимости, вызываемых финансовыми кризисами, необходимо применение антикризисного управления.

Проблемам, возникающим в рамках антикризисного управления, посвящены работы Л. Бляхмана, С. Андреева, А. Грязновой, Г. Иванова, Э. Короткова, В. Панагушина и многих других.

Проблемам реформирования угольной промышленности большое внимание уделено в научных трудах А.С. Астахова, В.Е. Зайденварга, А.Б. Ковальчука, А.Е. Евтушенко, С.С. Лихтермана, Ю.Н. Малышева, С.С. Резниченко, В.А. Харченко, В.П. Пономарева, В.М. Щадова, А.Б. Яновского и других учёных.

Постановка задачи. Задачей данной работы является определение функций,

проблематики и мероприятий антикризисного управления, выбор подходящей антикризисной стратегии для угледобывающего предприятия.

Изложение материала и его результаты. Экономический кризис в промышленности представляет собой тяжёлое финансовое положение, характеризующееся низкой рентабельностью, неплатёжеспособностью, финансовой неустойчивостью и другими показателями [1].

Антикризисное управление позволяет сформировать систему мер и управленческих решений по диагностике, предупреждению и преодолению кризисных явлений, а так же их причин на всех уровнях управления предприятием.

Функции антикризисного управления формируются за счет ответа на вопрос – что нужно предпринять для успешного управления предприятием в преддверии, в процессе и после завершения кризиса. Стоит выделить несколько основных функций антикризисного управления [2]:

- предкризисное управление;
- управление в период кризисной ситуации;
- управление процессами выхода из кризиса;
- обеспечение управляемости (стабилизация неустойчивых ситуаций);
- минимизация упущенных возможностей, потерь предприятия;

– своевременные решения.

Антикризисное управление строится на разных стратегиях. В числе наиболее важных отметим следующие:

- стратегия предупреждения кризиса, подготовки предприятия к его наступлению;
- стратегия противодействия кризисным явлениям, замедляя негативные процессы;
- стратегия стабилизации ситуации с помощью резервов и дополнительных ресурсов предприятия;
- стратегия расчета рисков предприятия;
- стратегия последовательного выхода предприятия из кризиса;
- стратегия предвидения и создания условий по устранению последствий кризисной ситуации.

В зависимости от характера и глубины кризисной ситуации подбирается подходящая стратегия. Поскольку сегодня большая часть предприятий угольной промышленности Украины находятся в кризисной ситуации, то наиболее актуальным решением является применение стратегии последовательного выхода предприятия из кризиса.

Существуют различные описания проблем антикризисного управления предприятием [1-4]. Проблемы антикризисного управления можно разделить на четыре группы.

Первая группа проблем – распознавание предкризисных ситуаций. Но не все кризисы поддаются предотвращению, поэтому возможны ситуации, когда кризис стоит пережить и преодолеть.

Во вторую группу входят проблемы ключевых сфер деятельности предприятия. При решении методологических проблем формулируются цели, пути и методы управления в момент кризиса. В эту же группу относят финансово-экономические проблемы.

К третьей группе проблем относятся проблемы, связанные с технологиями антикризисного управления. Они включают в себя проблемы прогнозирования кризисов и вариантов поведения социально-экономической системы в период кризиса.

В четвертую группу проблем входят селекция и конфликтология персонала, которые сопровождают кризисные ситуации.

Целью осуществления антикризисных мероприятий на предприятиях угольной отрасли является обеспечение стабильного финансового положения предприятия, которое проявляется в регулярном поступлении выручки от реализации и повышении конкурентоспособности продукции [3]. Комплекс антикризисных мероприятий в угледобывающей промышленности можно разделить на два блока.

Первый блок включает в себя мероприятия по снижению себестоимости, повышению эффективности управления персоналом, реорганизации управленческих структур.

1. Мероприятия по снижению себестоимости включают:

- уменьшение накладных расходов благодаря упрощению структуры управления и приведению численности персонала в соответствие с объективной производственной необходимостью;
- улучшение работы снабженческой службы предприятия, максимальное сокращение посреднических структур, что позволит удешевить потребляемые материалы и поставлять на предприятие более экономически и технологически эффективные его виды;
- сокращение затрат на обслуживание оборудования и снижение налога на имущество;
- сдача в аренду неиспользуемых основных средств и площадей может использоваться в качестве источника получения дополнительного дохода и сокращения затрат;
- введение заданий по снижению расходов для всех отделений и служб предприятия, а так же персональной ответственности за использование материальных ресурсов;
- оптимизация налогообложения;
- минимизация расходов на коммунальные платежи.

2. Повышение эффективности управления персоналом осуществляется через:

- приведение профессионально-качественного уровня персонала в соответствие инновационным процессам предприятия;
- управление производительностью труда;
- управление трудовыми отношениями, обеспечение благоприятных условий труда, развитием персонала.

3. Реорганизация управленческих структур проводится через структурную перестройку с целью обеспечения эффективного использования всех ресурсов предприятия, включая возможность перераспределения функций структурных подразделений, допуская объединение мелких участков производства в более крупные подразделения и др.

Второй блок мероприятий направлен на обеспечение устойчивой реализации добываемого угля и ускорения оборачиваемости оборотных средств. К нему относятся мероприятия по взысканию дебиторской задолженности, обновлению активов, улучшению политики сбыта.

1. Взыскание дебиторской задолженности предполагает следующие управленческие действия:

- увеличение процента предоплаты за реализуемую продукцию;
- активизацию работы юридической службы по взысканию задолженности за просроченную оплату продукции.

Проведение таких мероприятий позволяет угледобывающим предприятиям повысить долю денежных средств, ускорить оборачиваемость оборотных средств, что положительно скажется на их финансовом состоянии.

2. Замена изношенного оборудования и обновление активов включает в себя мероприятия по приобретению более современного оборудования, которое даст возможность предприятию повысить производительность работ и улучшить качество выпускаемой продукции.

3. Выбор правильной политики сбыта:

- использование информации, полученной в отделе маркетинга вследствие проводимых исследований, о наиболее благоприятных регионах для реализации продукции;

- установление прямых связей с потребителями продукции и максимальное сокращение посредников.

Проведение этих мероприятий на предприятиях угольной отрасли позволит обеспечить стабильную работу предприятий, позволит им выйти из трудной финансовой ситуации, сложившейся в настоящее время в этой отрасли, повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции и избежать банкротства.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Определены функции, проблематика антикризисного управления, выявлены необходимые мероприятия для выхода угледобывающего предприятия из кризиса, найдена наиболее подходящая антикризисная стратегия. Дальнейшие исследования предполагают моделирование процессов антикризисного управления предприятиями угледобывающей отрасли, анализ эффективности выбранной антикризисной стратегии, выработку практических рекомендаций.

Библиографический список

1. Балашов А. П. *Антикризисное управление* / А. П. Балашов. — Новосибирск, 2010. — 346 с.
2. *Антикризисное управление: организация и составление антикризисной программы* [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.gd.ru/articles/3869-antikrizisnoe-upravlenie>
3. *Финансовый анализ и инвестиционный анализ предприятия* [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.beintrend.ru/2011-07-21-18-25-06>
4. Родионова Н. В. *Антикризисный менеджмент* / Н. В. Родионова. — М. : Юнити-Дана, 2011. — 680 с.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. ДонГТУ Лепило Н.Н.,
нач. планово-экономического отдела ОП ш. «Черкасская» ГП «Луганскуголь» Грива М.В.*

Статья поступила в редакцию 18.11.15.

к.е.н. Дьячкова В.В., Патутіна А.В (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

**ОСОБЛИВОСТІ АНТИКРИЗОВОГО УПРАВЛІННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ
ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

У статті дано визначення антикризового управління, виявлені функції і стратегії антикризового управління. Визначена і класифікована його проблематика. Наведено комплекс антикризових заходів для підприємств вугільної промисловості.

Ключові слова: антикризове управління, банкрутство, фінансовий стан, прогнозування криз.

PhD in Economics Diiachkova V.V., Patutina A.V. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

PECULIARITIES OF CRISIS MANAGEMENT AT COAL MINING ENTERPRISES

Definition of crisis management is given in this paper as well as functions and strategies of crisis management were defined. Problematics have been determined and classified. Crisis measures for mining enterprises are shown.

Key words: crisis management, bankruptcy, financial condition, crisis prognosticating, coal mining industry.

УДК 338.5

ст. преподаватель Куденко М.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ОБЫЧНАЯ ЦЕНА В УСЛОВИЯХ ТРАНСФЕРТНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ

В статье обоснована целесообразность усовершенствования понятия обычная цена для неконтролируемых операций в условиях трансфертного ценообразования. Уточнено понятие «справедливая цена» для операций с лицами, которые не являются связанными. Предложены этапы определения «справедливой цены» для операций с несвязанными сторонами.

Ключевые слова: обычная цена, справедливая стоимость, резидент, нерезидент, трансфертное ценообразование.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Для национального бухгалтерского учета определение справедливой стоимости является проблемой. Причин этому достаточно. Прежде всего, потому, что процедура оценки — это не бухгалтерское «дело», этим занимаются оценщики. Предприятия самостоятельно не торопятся оценивать справедливую стоимость, чтобы не нарушать законодательство об оценке. Не делают они этого и по той причине, что переход от оценок по первоначальной стоимости к оценкам по справедливой стоимости вполне обоснован и приемлем с точки зрения улучшения качественных характеристик отчетности, а вот обратный переход достаточно затруднен, даже, можно сказать, практически невозможен. Зачастую оценки по справедливой стоимости рассматривают как инструмент мошенничества, манипулирования финансовыми результатами и финансовой отчетностью в целом. Кроме того, использование оценок по справедливой стоимости увеличивает расходы на составление финансовой отчетности, что в условиях национального бизнеса не каждое предприятие может себе позволить. Использование справедливой стоимости может существенно влиять на показатели деятельности предприятий, причем, не всегда положительно. Оценка по справедливой стоимости — это профессиональное суждение, за которое в большинстве случаев никто не хочет нести ответственность.

Постановка задачи. Задачей данной работы является усовершенствование учётного процесса формирования справедливой цены.

Изложение материала и его результаты. Понятие справедливой стоимости вошло в практику международного учета с применением опыта национальных стандартов бухгалтерского учета США (US Generally Accepted Accounting Principles, далее НСБУ США). В декабре 1991 года был принят стандарт бухгалтерского учета (Financial Accounting Statement - FAS, далее СБУ) 107 «Раскрытия справедливой стоимости финансовых инструментов», в котором предъявлялись требования по раскрытию информации о справедливой стоимости финансовых инструментов в примечаниях к отчетности [1]. В данном стандарте дается следующее определение: справедливая стоимость финансового инструмента это сумма, на которую можно обменять данный инструмент между сторонами желающими совершить сделку, которая не является результатом принудительной продажи или ликвидации предприятия. Так же определение дополняется положением о том, что если на инструмент можно определить котировочную рыночную цену, то такая цена является справедливой стоимостью [1].

В международном учёте при формировании справедливой стоимости следует руководствоваться МСФО (IFRS) 13 «Оценка справедливой стоимости» [2]. Давая определение справедливой стоимости в МСФО 13,

и представляя собой довольно объемный свод рассуждений об этом предмете, стандарт фактически не содержит конкретных правил расчета справедливой стоимости, характерных для инструктивных предписаний в области учетной оценки. Нет в тексте этого Стандарта указаний на то, из какого документа следует взять конкретную цифру, с какой сложить или из какой вычесть и на какой счет отнести. Эти вопросы выходят за рамки Стандарта, цель которого состоит в том, чтобы:

- дать «определение справедливой стоимости»;
- изложить «в едином МСФО основу для оценки справедливой стоимости»;
- представить требования относительно «раскрытия информации об оценках справедливой стоимости» (п. 1 Стандарта).

Определение понятия «справедливая стоимость» содержит как пункт 9 Стандарта, так и Приложение А «Определение терминов» к нему. При этом, нельзя не обратить внимание на то, что формально они отличаются между собой.

Пункт 9 Стандарта в его официальной русскоязычной версии содержит следующее определение: «Настоящий стандарт дает определение справедливой стоимости как цены, которая была бы получена при продаже актива или уплачена при передаче обязательства в условиях операции, осуществляемой на организованном рынке, между участниками рынка на дату оценки».

Приложение А, «являющееся неотъемлемой частью настоящего стандарта», содержит определение, согласно которому справедливая стоимость — это «цена, которая была бы получена при продаже актива или уплачена при передаче обязательства при проведении операции на добровольной основе между участниками рынка на дату оценки».

Следует отметить, что в оригинальной версии стандарта определения справедливой стоимости (fair value) в пункте 9 и в Приложении А полностью совпадают и представляют собой следующее: «The

price that would be received to sell an asset or paid to transfer a liability in an orderly transaction between market participants at the measurement date»[1].

Что касается национального налогового законодательства, то следует отметить, что законодатели отказались от термина «справедливая стоимость» в пользу термина «обычная цена», это произошло с принятием Налогового кодекса Украины[3]. Но в бухгалтерском учёте термин справедливая стоимость используется в случае признания доходов согласно П(С)БУ 15 «Доход».

Согласно НКУ «обычная цена – это цена товаров (работ, услуг), определённая сторонами договора, если другое не установлено данным Кодексом. Если не доказано обратное, считается, что такая обычная цена соответствует уровню рыночных цен» [3].

С 1 сентября 2013 г. вступил в силу Закон Украины от 04.07.2013 г. № 408-VII «О внесении изменений в Налоговый кодекс Украины относительно трансфертного ценообразования». А в 2015 году трансфертное ценообразование претерпело изменения согласно Закону Украины от 15 июля 2015 года № 609-VIII «О внесении изменений в Налоговый кодекс Украины по трансфертному ценообразованию» [4]. С принятием данного закона внесены изменения в ст.14 и ст.39 НКУ.

Принятие Закона о трансфертном ценообразовании полностью отвечает мировым тенденциям: трансфертное ценообразование как система методов определения справедливых рыночных цен для целей налогообложения уже давно используются в мировой практике. Поскольку главной задачей при этом является максимальное налогообложение дохода в юрисдикции, в которой он генерируется, предметом контроля, как правило, являются внешнеэкономические операции.

Под трансфертным ценообразованием в соответствии с новым Законом следует понимать процесс определения обычной цены в операциях, определяемых как кон-

тролируемые. Контролируемыми будут считаться операции резидентов:

- с нерезидентами – связанными лицами;
- с нерезидентами из низконалоговых юрисдикций;
- с резидентами – связанными лицами, при условии, что такими лицами: задекларирован убыток за предыдущий налоговый год; применяются в текущем году специальные режимы налогообложения; налог на прибыль и/или НДС уплачиваются по ставке, отличающейся от базовой; либо такие лица не являются плательщиками налога на прибыль/НДС.

Операции с любой из указанных категорий лиц будут считаться контролируемыми только при условии, что общая сумма таких операций для налогоплательщика с каждым контрагентом достигнет или превысит 50 млн. грн.

Налоговые органы смогут проверять обоснованность цен по специально установленным НКУ правилам только в тех операциях, которые подпадут под указанные выше критерии. Проверка цен будет осуществляться с целью контроля правильности и полноты исчисления налога на прибыль и НДС, и в соответствии с нормами нового закона не должна касаться определения плательщиками обязательств по другим налогам [5,6].

Перед бухгалтерами возникает ряд проблем, поиск путей, решения которых не терпит отлагательства. Чтобы сформулировать их, следует получить представление о том, как Закон о трансфертном ценообразовании повлиял на хозяйственные операции, требующие обращения налогоплательщика к такому виртуальному налоговому показателю, как обычная цена. После сопоставления старых и новых редакций всех норм, связанных с параметрами «обычных цен».

Контролируемые операции со связанными сторонами представлены в таблице 1, для таких операций всегда применяются обычные цены.

Методы определения обычной цены:

- сравнительная неконтролируемая цена (аналоги продажи);
- цена перепродажи;
- «расходы плюс»;
- распределение прибыли;
- чистая прибыль.

Если указанными методами определить обычную цену невозможно, такая цена определяется по результатам независимой оценки (п. 39.3 НКУ). В том случае, если невозможно определить обычную цену при помощи независимых профессиональных оценщиков, обычная цена совпадает с ценой договора (п. 39.1 НКУ).

В НКУ предусмотрены исключения при определении обычной цены:

- при продаже товаров, цены на которые подлежат государственному регулированию (кроме случаев установления минимальных цен продажи или индикативных цен) – обычной считается цена, установленная в соответствии с принципами такого регулирования (п. 39.10 НКУ);
- при принудительной продаже имущества – обычной является цена, полученная при продаже (п. 39.12 НКУ);
- при продаже ранее ввезенных на территорию Украины товаров цена соответствует таможенной стоимости товаров, с которой были уплачены налоги и сборы при ввозе (п. 39.13 НКУ);
- цены, сложившиеся на аукционе (тендере) (п. 39.17 НКУ).

Но большинство хозяйственных операций, которые осуществляются предприятиями, остаются обычными (неконтролируемыми) операциями. Такой параметр, как обычная цена по-прежнему очень важен для подавляющего числа хозяйственных операций (к ним и до Закона о трансфертном ценообразовании применялись обычные цены, а после вступления его в силу соответствующие положения Кодекса остались в неприкосновенности). В связи с этим возникает ряд серьезных проблем.

Наиболее обсуждаемая из них — методология определения обычных цен для

обычных (неконтролируемых) операций. Методы определения обычных цен, предписанные для трансфертного ценообразования, в данном случае не применяются.

Понятие «обычной цены», по данным законодательства, должно относиться только к контролируемым операциям со связанными сторонами и оффшорными компаниями, а для всех остальных не предусмотрен иной термин. Так как в НКУ ст.39 не предусмотрен механизм определения «обычной цены» для неконтролируемых операций, и определение термина такой цены также не указано, целесооб-

разно будет применить для таких операций термин «справедливая цена».

Учитывая международный опыт определения справедливой стоимости, для неконтролируемых операций целесообразно предложить следующий термин «справедливая цена – это цена, которая была бы получена при продаже актива или уплачена при передаче обязательства, сложившаяся на рынке идентичных (или однородных) товаров (работ, услуг) в операциях между не связанными сторонами».

Таблица 1 – Операции со связанными сторонами (контролируемые)

№пп	Название хозяйственной операции	Показатель налогового учёта	Показатель, влияющий на определение базы налогообложения	Норма НКУ
1	Продажа товаров (выполнение работ, предоставления услуг) связанным лицам	Доходы	Определение обычной цены согласно ст.39 НКУ	п.153.2 ст.153
2	Приобретение товаров (работ, услуг) у связанного лица	Расходы		
3	Поставка производственных или непроизводственных средств, других товаров/услуг связанному лицу	Налоговое обязательство по НДС		Абзац пятый п.188.1 ст.188 исключен, но необходимость применения трансфертного ценообразования установлена ст.39
4	Приобретение (изготовление) товаров и услуг у связанных лиц для использования в налогооблагаемых операциях в рамках хозяйственной деятельности	Налоговый кредит по НДС		п.198.3 ст.198

Налогоплательщику необходимо обосновать договорную цену перед налоговым органом. Так как в законодательстве рассмотрено определение обычной цены только для контролируемых операций, то целесообразно предложить этапы определения «справедливой цены» для неконтролируемых операций.

Порядок определения «справедливой цены» состоит из следующих этапов:

1) Сформировать на предприятии комиссию по определению справедливой цены для неконтролируемых операций.

2) Подготовить пакет документов по подтверждению информации о том, что контрагенты являются не связанными сторонами [7].

3) Указать в договоре налоговый статус контрагента.

4) Определить код, название товара согласно КВЭД, и единицу измерения.

5) Определить рыночную цену идентичных товаров на дату операции, согласно статистическим данным. Необходимо исследовать 2-3 источника, в том числе и данные интернет-сайтов. Для украинских предприятий служат справочники: «Обзор цен украинского и мирового товарных рынков», Товарный монитор «Биржевые товары», Металлургические мониторы «Стальной прокат», «Сырьевые материалы», каталог «Импортеры и экспортеры Украины».

6) В случае отсутствия в справочной информации идентичных товаров, определить рыночную стоимость однородных товаров (этап 5).

7) Учесть требования правил ИНКОТЕРМС-2010 для внешнеэкономических операций.

8) Документально обосновать наличие скидок для контрагента.

9) Сформировать акт о результатах определения справедливой цены. Справедливая цена не должна отличаться от рыночной цены более чем на 20%.

Выводы и направление дальнейших исследований. В статье обоснована целесообразность усовершенствования понятия обычная цена для неконтролируемых операций в условиях трансфертного ценообразования. Уточнено понятие «справедливая цена» для операций с лицами, которые не являются связанными. Предложены этапы определения «справедливой цены» для операций с несвязанными сторонами. Дальнейшие исследования направлены на разработку алгоритма определения «справедливой цены» для операций с несвязанными сторонами.

Библиографический список

1. Интернет сайт Совета по Международным стандартам финансовой отчетности (IASB) [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.iasb.org>
2. МСФО (IFRS) 13 «Оценка справедливой стоимости» [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.ey.com>
3. Податковий кодекс України, від 02.12.2010 № 2755-VI.
4. Закон Украины от 15 июля 2015 года № 609-VIII «О внесении изменений в Налоговый кодекс Украины по трансфертному ценообразованию» // Бухгалтерия. — 2015. — № 33. — С. 13–21.
5. Порядок предварительного согласования цен в контролируемых операциях, по результатам которого заключаются договоры, имеющие односторонний, двусторонний и многосторонний характер, для целей трансфертного ценообразования, утвержденный постановлением КМУ от 17.07.2015. № 504 // Бухгалтерия. — 2015. — № 33. — С. 22–24.
6. Порядок расчета диапазона цен (рентабельности) и медианы такого диапазона для целей трансфертного ценообразования, утвержденный постановлением КМУ от 04.06.2015. № 381 // Бухгалтерия. — 2015. — № 25. — С. 20.
7. Жукова Е. Трансфертное ценообразование: критерии связанности лиц / Е. Жукова // Бухгалтерия. — 2015. — № 18–19. — С. 54–58.

**Рекомендована к печати д.э.н., проф. ДонГТУ Гришко Н.В.,
директором ЧП «Империял – Строй РИМ» Мовляновой Я.А.**

Статья поступила в редакцию 20.11.15.

ст. викладач Куденко М.С. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ЗВИЧАЙНА ЦІНА В УМОВАХ ТРАНСФЕРТНОГО ЦІНОУТВОРЕННЯ

У статті обґрунтовано доцільність удосконалення поняття звичайна ціна для неконтрольованих операцій в умовах трансфертного ціноутворення. Уточнено поняття «справедлива ціна» для операцій з особами, які не є пов'язаними. Запропоновано етапи визначення «справедливої ціни» для операцій з непов'язаними сторонами.

Ключові слова: звичайна ціна, справедлива вартість, резидент, нерезидент, трансферне ціноутворення.

Senior lecturer Kudenko M.S. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

REGULAR PRICE IN TERMS OF TRANSFER PRICING

In this paper the expedience of improving the definition for “regular price” considering uncontrolled operations in the conditions of transfer pricing have been argued. Definition for “fair price” has been distinguished to be applied for operations with unrelated people. Stages of definition “fair price” for operations with unrelated parties have been proposed.

Key words: regular price, fair value, resident, nonresident, transfer pricing.

МЕНЕДЖМЕНТ

УДК: 332.146.2

д.э.н. Припотень В.Ю.,

к.т.н. Рябенко Л.И.,

к.т.н. Шиков Н.Н.

(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, shikovnik2010@mail.ru)

ЗНАЧИМОСТЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ТОВАРА

Одной из задач современных международных торговых отношений является определение основных направлений развития и совершенствования систем управления конкурентоспособностью товара и оценки ее эффективности для каждого участника. В большинстве случаев производителю необходимо решать две проблемы, первая предопределяется процессами проникновения на рассматриваемый рынок со своим товаром, а вторая – поддержания конкурентных преимуществ своего товара на действующем рынке.

Эксплуатация системы управления конкурентоспособностью (УК) требует дополнительных затрат и очевидно возникает вопрос об эффективности системы УК на предприятиях занятых производством и физическим распределением. Алгоритм распределения экономического результата между бизнес-процессами производства и дистрибуцией, представляет собой операцию справедливого дележа (вектор дележа) результата совместной деятельностью.

Ключевые слова. Система управления конкурентоспособностью товара, вклад системы, экономическая эффективность, вектор Шепли, справедливый дележ прибыли, финансовые результаты.

Введение. Одна из основных задач продуцентов в современных международных торговых отношениях состоит в определении основных направлений развития и совершенствования систем управления конкурентоспособностью товара и оценки ее эффективности для каждого участника. При разработке конкурентной продукции необходимо ориентироваться не на абстрактный эталон, а на оценку всех рыночных факторов. Базой для оценки конкурентоспособности товара должно быть исследование потребностей покупателя требованиям рынка. Как правило, такие требования противоречивы и во многом зависят от дохода населения, национальной культуры, доминирующих товарных групп, функциональных возможностей товара его качества и надежности. Знания потребительской стоимости товара, совокупности его характеристик, которые удовлетворяют потребности покупателя, позволяет выявить свойства товара, каким потребитель отдаст предпочтение.

В большинстве случаев продуценту необходимо решать две проблемы, первая предопределяется процессами проникновения на рассматриваемый рынок со своим товаром, а вторая – поддержания конкурентных преимуществ своего товара на действующем рынке. В первом и во втором случаях необходимо сравнение товарных конкурентных преимуществ, а также скрытых факторов производственно-дистрибутивного цикла прямо или косвенно определяющих конкурентные преимущества.

Объекты и методы исследования. Структурная схема управления конкурентоспособностью товара на отраслевом национальном или международном рынках, как правило, строится по схеме непрерывного процессного подхода. Этот процесс включает следующие фазы: выявление конкурентных групп продуцентов отраслевой продукции на исследуемом рынке и дистрибуторов товарных групп, оценка интеграционных связей продуцентов с дистрибуторами, установление конкурентных преимуществ товарных групп, определение

стратегических и оперативных программ повышение конкурентоспособности собственного товара на основе инновационно-инвестиционных стратегий развития. Эксплуатация системы управления конкурентоспособностью (УК) требует дополнительных затрат и очевидно возникает вопрос об эффективности системы УК на предприятиях занятых производством и физическим распределением. То есть задача состоит в оценке экономического эффекта (ЭЭ), который вносит система УК в общую долю ЭЭ предприятий. Задача может быть поставлена по-иному: в выделении ЭЭ системы УК из общей доли ЭЭ предприятия. Под экономическим эффектом от использования системы УК в статье понимается вклад системы в экономический результат общего бизнеса участвующих предприятий.

Алгоритм распределения экономического результата между бизнес-процессами производства и дистрибуцией, представляет собой операцию справедливого дележа (вектор дележа) результата совместной деятельностью. Сумма всех элементов вектора дележа должна быть равна общему экономическому эффекту.

Нужно отметить, что отрицательный результат производства продукции не всегда означает, что используемая система УК не эффективна, негатив может быть следствием недостаточно эффективной организации бизнес-процесса производства или дистрибуции.

Для оценки экономической эффективности системы УК необходимо выполнить пять этапов: определение общего ЭЭ; вычисление доли в общем ЭЭ каждого участника БП производства и дистрибуции системы УК, вычисление значимости системы УК в каждом участнике БП, вычисление затрат, связанных с разработкой УК и ее эксплуатацией; вычисление экономической эффективности системы УК.

Несмотря на большое количество подходов к анализу выгод использования систем УК нет таких, которые бы позволили

на основе финансовых показателей оценить ее индивидуальную эффективность.

Результаты и их обсуждение. Экономическая эффективность (Е) системы УК в общем виде может быть представлена формулой:

$$E = G * D * W / C, \quad (1)$$

где G – оператор дележа между участниками проекта;

D – оператор дележа между случаями принятия решения;

W – прибыль предприятия;

C – затраты на систему УК.

В статье задача дележа задана совокупностью (A,K,u,w,S), A-участники БП, K – область допустимых значений параметров, характеризующих вклад в общую прибыль. S – общая прибыль, u- значение параметров для каждого участника (набор векторов из пространства K), w – вектор, определяющий значимость каждого из параметров для получения прибыли. Результатом решения задачи является вектор x, определяющий справедливое распределение прибыли. Суммарное значение прибыли УК определяется на основе выделенных прибылей, полученных в результате взаимодействия УК с каждой группой участников бизнес-процесса.

Понятие справедливого дележа различаются в зависимости от содержания задачи. Во многих случаях участники производства и дистрибуторы не равны для достижения результатов. Например, дистрибуция имеет нулевой эффект при отсутствии производителей.

Одним из способов решения проблемы справедливого дележа является вектор Шепли. Вектор Шепли представляет собой распределение, в котором выигрыш каждого игрока равен среднему вкладу в благосостояние тотальной коалиции при определенном механизме ее формирования. Вектор Шепли реализует идею распределения затрат (прибыли), основанную на маргинальных вкладах (затраты(вклады) на обслуживание участника оперативной игры, при условии, что все остальные игроки уже обслужены).

То есть, доля затрат (доля прибыли) игрока вычисляется как средние маргинальные затраты (прибыль), добавляемые игроком к каждой коалиции остальных игроков.

Для того чтобы получить соответствующую формулу, представим, что игроки из N случайно упорядочены (i_1, i_2, \dots, i_n) , причем вероятность каждого упорядочения одинакова. Игроку i вектор Шепли приписывает среднее его маргинальной прибыли $v(S \cup \{i\}) - v(S)$, взятое по всем коалициям $S \subset N \setminus i$, включая пустое множество. Вес коалиции S соответствует вероятности того, что в случайной очереди (i_1, \dots, i_n) перед игроком i стоят в точности игроки из S . Непосредственное вычисление этой вероятности дает величину $s!(n-s-1)!/n!$, где s есть размер S .

Избранное распределение можно отнести к так называемым играм с обязательным соглашением, которое характеризуются следующим: участники игр стремятся к кооперации, которая разрешена правилами; критерии экономической полезности могут быть не единственными для участников, которые стремятся к объединению; кроме участников игры присутствует арбитр, к функциям которого входит нахождение распределения для участников неантагонистического конфликта, который рассматривается.

В общем случае все участники неантагонистического конфликта делятся на «болвана» и «носителя». Игрок, например одна из программ системы УК, участвующий в принятии решения по поддержанию конкуренции товара на заданном рынке, называется «болваном» (b), если он не способен увеличить выигрыш ни одной из коалиций (S), к которой бы он не присоединился, т.е. для игрока – «болвана» выполняется соотношение [1]:

$$V(S \cup b) = V(S) + V(b) \quad \text{для} \quad \forall b \in B \subset N, \quad (2)$$

где B – множество «болванов» в игре (I, V) .

Подмножество всех не «болванов» называется «носителем» игры $T \subset N$ для которого

$$V(S) = V(S \cap T) + \sum_{b \in S} (b), \quad (3)$$

для $\forall S \subset B \subset N; T \subset N$, при этом

$$T = N \setminus B.$$

Для игр, которые представлены в 0-1 редуцированной форме, соотношение (2) и (3) соответственно примут вид:

$$V(S \cup b) = V(S) \text{ для } \forall b \in B \subset N$$

$$\exists T \subset N \text{ такое, что } V(S) = V(S \cap T)$$

для

$$\forall S \subset N.$$

Еще одним содержательным предложением вектора Шепли есть предложение того, что если игрок принимает участие в разных играх с одним и тем же количеством игроков n , то его итоговый выигрыш будет определяться как сумма выигрышей, полученных им в каждой игре [4].

Согласно рассмотренному выше содержательному понятию и предположениям, арбитр каждой кооперативной игры (I, V) может поставить в соответствие вектор, названным вектором Шепли:

$$\Phi(V) = (\phi_1(V), \phi_2(V), \dots, \phi_n(V)).$$

Компоненты $\phi_i(V) (i = 1, \dots, n)$ можно интерпретировать как полезности, которые получают игроки в результате дележа общего выигрыша, полученного от объединения всех участников.

Рассмотренные понятия и предположения в формализованном виде были отображены Шепли в непротиворечивой и полной системе аксиом:

Симметрия: пусть π – произвольная перестановка игроков, и вдобавок $V(S) = V(\pi(S))$, тогда

$$\phi_i(V) = \phi_{\pi(i)}(V),$$

где через $\pi(i)$ обозначен образ игрока i при перестановке π .

Эта аксиома утверждает, что выигрыши игроков не зависят от их порядковых номеров в произвольной перестановке.

Оптимальность за Парето:

$$\sum_{i \in I} \phi_i(V) = V(I).$$

Оптимальность по Парето означает, что не существует варианта распределения общего выигрыша $V(I)$, полученного от объединения всех участников неантагонистического конфликта, в котором выигрыш хотя бы одного из игроков увеличился, не уменьшив выигрыш других игроков.

Эффективность: если для любой коалиции $S \subset I$ выполняется равенство

$$V(S \cup \{i\}) = V(S), \text{ то } \phi_i(V) = 0.$$

Эта аксиома утверждает, что в распределении общего выигрыша, полученного от объединения игроков «болван» не принимает участие; это объясняется тем, что он не удобный для коалиции, так как его присоединение к ней не способно увеличить выигрыш этого игрока.

Агрегация: если характеристическая функция W игры (I, W) равняется сумме характеристических функций V и U соответственно для игр (I, V) и (I, U) , что предусматривает для любой группировки $S \subset I$ справедливое равенство

$$W(S) = V(S) + U(S), \text{ то}$$

$$\phi_i(W) = \phi_i(V + U) = \phi_i(V) + \phi_i(U), i \in I.$$

Эта аксиома утверждает, что если игрок i принимает участие в двух играх (I, V) и (I, U) , то его итоговый выигрыш $\phi_i(W)$ будет определяться как сумма выигрышей $\phi_i(V)$ и $\phi_i(U)$, полученных ими в каждой из этих игр.

Единство дележа Шепли для любой кооперативной игры (I, V) обусловлено наличием и единством функций Φ , удовлетворяющей аксиомам 1-4.

Компоненты вектора Шепли определяются равенством:

$$\phi_i(V) = \sum_{\substack{S \subset I \\ i \in S}} \frac{(|S|-1)!(n-|S|)!}{n!} [V(S) - V(S \setminus \{i\})].$$

В качестве примера рассмотрим оценку экономической эффективности использования системы УК на предприятии, которое производит и реализует металлопродукцию. Система управления конкурентоспособностью продукции (см. рис. 1), включающая две оперативные программы анализа ситуации на отраслевом рынке, формирует рекомендации, которые используют торговые менеджеры. Другие программы относятся к стратегическому управлению конкурентоспособностью продукции. Первая оцениваемая оперативная программа производит кластеризацию участников рынка, вторая оперативная – оценивает конкурентный потенциал продукции предприятия на уровне кластера.

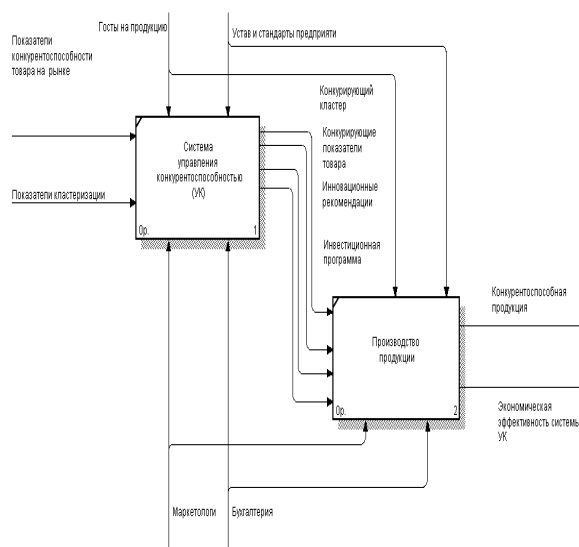


Рисунок 1 – Система управления конкурентоспособностью продукции

Необходимо оценить экономическую эффективность системы УК для рассматриваемого предприятия. Для выделения вклада системы УК в принимаемые решения используются рекомендации для успешного принятия решений со всеми комбинациями участников. Чистая прибыль

МЕНЕДЖМЕНТ

Таблица 1 – Финансовые результаты использования системы УК

Участники принятия решения	Средние финансовые результаты,
Без системы УК	$V_0=2,4*10^6$
Программ оценки конкуренции товара кластера	$V_{01}=3,5*10^6$
Программа кластеризации	$V_{02}=3,1*10^6$
Использование обеих программ	$V_{012}=2,4*10^6$
Вклад, s, %	9,7

предприятия в текущем году составила $277*10^6$ гривен. По оценкам экспертов вклад бизнес-процесса управления конкурентоспособностью на предприятии составил 47%. Расходы на ввод системы в эксплуатацию равен $9,8 * 10^6$ гривен.

Вклад системы УК определяется по формуле:

$$s = \frac{\frac{v_{01} - v_0}{6} + \frac{v_{012} - v_{02}}{3}}{v_{012}} * 100 .$$

Комбинации средних финансовых результатов использования системы УК и вычисленный вклад системы УК представлены в таблице.

Экономический эффект на основе (1) составит 5.2%.

Выводы. Представленная методика оценки экономической эффективности системы УК включает пять этапов. На первом этапе выявляются точки принятия решений и их вклад в бизнес предприятия. На втором этапе проводится оценка вклада системы УК в принятие решений, на третьем этапе вычисляются финансовые показатели предприятия. На четвертом этапе проводится комплексный анализ затрат на ввод и эксплуатацию системы УК. В заключении производится анализ денежных потоков и вычисление экономической эффективности. Основными источниками информации, необходимой для оценки экономических результатов деятельности предприятия и системы УК, являются бюджетные и финансовые учетные системы предприятий.

Библиографический список

1. Хачатрян С. Р. Методы и модели решения экономических задач : учебное пособие / С. Р. Хачатрян, М. В. Пинегина, В. П. Буянов. — М. :Издательство «Экзамен», 2005. — 384 с.

*Рекомендована к печати д.э.н., проф. Гришко Н.В.,
д.э.н., проф. ЛНАУ Гончаровым В.Н.*

Статья поступила в редакцию 11.11.15.

д.е.н. Припотень В. Ю, к.т.н. Рябенко Л. І., к.т.н. Шиков М. М. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР, shikovnik2010@mail.ru)

ЗНАЧИМІСТЬ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЮ ТОВАРУ

Одним із завдань сучасних міжнародних торговельних відносин є визначення основних напрямків розвитку й удосконалювання систем управління конкурентоспроможністю товару й оцінки її ефективності для кожного учасника. У більшості випадків виробникові необхідно вирішувати дві проблеми: перша визначається процесами проникнення на розглянутий ринок зі своїм товаром, а друга – підтримки конкурентних переваг свого товару на діючому ринку.

Експлуатація системи управління конкурентоспроможністю (УК) вимагає додаткових витрат і очевидно виникає питання про ефективність системи УК на підприємствах зайнятих виробництвом і фізичним розподілом. Алгоритм розподілу економічного результату між бізнес-

процесами виробництва й дистрибуцією, являє собою операцію справедливого поділу (вектор поділу) результату спільної діяльності.

Ключові слова: система управління конкурентоспроможністю товару, внесок системи, економічна ефективність, вектор Шеплі, справедливий поділ прибутку, фінансові результати.

Doctor of Economics Pripoten V.Y., PhD in Engineering Riabenko L.I., PhD in Engineering Schikov N.N. (DonSTU, Alchevsk, LPR shikovnik2010@mail.ru)

IMPOTRANCE OF SYSTEM FOR COMPETITIVENESS MANAGEMENT OF GOODS

One of the tasks of present international trade relations is to find out the main ways of development and improvement of system or competitiveness management and its efficiency for each participant. In most cases the manufacturer faced two problems: the first one is how to enter a desired market with own goods, the second one is to support competitive advantages of own goods in the active market.

Management system operation for competitiveness (CO) needs additional expenditures and the problem occurs about efficiency of CO system at the factories engaged in production and physical distribution. Algorithm of distribution the economical results between business-processes of production and distribution represents the procedure of fair division (division vector) of the results of mutual activity.

Key words: management system for competitiveness of goods, system's contribution, economical efficiency, Shapley value, profit fair division, financial results.

УДК 331.101.3

к.э.н. Ланговой В.А.,
к.э.н. Заречнев А.Н.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР, langovoyv@mail.ru)

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

Дана критическая оценка сущности мотивации, исследованы существующие системы мотивации и проблемы мотивации персонала на промышленных предприятиях, предложены наиболее эффективные направления мотивации, в том числе с учетом зарубежного опыта.

Ключевые слова: персонал, мотивация, предприятие, управление, система, стимулирование.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Независимо от общественно-политического строя проблемы мотивации работников предприятий различных форм собственности остаются актуальными. От мотивационных систем зависит творческая и социальная активность работников, а также результаты деятельности предприятий, особенно в области внедрения в производство инноваций.

Основным средством мобилизации имеющегося кадрового потенциала, оптимального использования ресурсов является мотивация персонала. Основной целью процесса мотивации является получение максимальной отдачи от использования имеющихся трудовых ресурсов, что позволяет повысить общую результативность деятельности предприятия.

Мотивация – это побуждение к действию, динамический процесс физиологического и психологического плана, управляющий поведением человека, определяющий его направленность, организованность, активность и устойчивость, способность человека деятельно удовлетворять свои потребности [5, с.1].

В современной практике управления персоналом промышленных предприятий существует множество проблем, связанных с мотивационной политикой: проблемы взаимоотношений с руководством, неудовлетворенность размером заработной платы, условиями быта и труда в целом на пред-

приятии. Главным препятствием на пути решения этих вопросов считается нежелание управленческого персонала задумываться об условиях жизни и труда людей, непосредственно создающих прибыль. В рыночных условиях следует уделять особое внимание нематериальному стимулированию, созданию гибкой системы льгот для работника.

Предприятия, которые стимулируют своих сотрудников, находят к каждому сотруднику индивидуальный подход, довольно быстро достигают максимальных результатов деятельности и занимают стабильное положение на рынке. Таким образом, изучение и разрешение проблем мотивации персонала на отечественных промышленных предприятиях является актуальной темой.

Постановка задачи. Задачей исследования является изучение проблемных вопросов мотивации персонала на предприятиях с разработкой предложений по их решению.

Изложение материала и его результаты. Впервые термин "мотивация" употребил в своей статье А. Шопенгауэр. Сегодня этот термин понимается разными учеными по-своему. Например, мотивация по В. К. Вилюнасу – это совокупная система процессов, отвечающих за побуждение и деятельность. К. К. Платонов считает, что мотивация как явление психическое является совокупностью мотивов [5, с.2].

Направление мотивации – это ментальная программа, которая оказывает влияние практически на все аспекты нашей жизни. На биологическом или физическом уровне каждый из нас развил в себе два типа мотивации – "от" и "к": от боли, неприятности, стресса к приятному, комфорту, расслаблению [3, с.43].

Важнейшим аспектом в эффективном использовании человеческого капитала является способность работодателей мотивировать людей на должное выполнение ими своих трудовых обязанностей. В настоящее время многие работодатели недостаточно уделяют этому внимания, считая, что, выплачивая людям заработную плату, они и так достаточно мотивируют их к труду. Конечно, такой подход в определенной степени оправдан, но все же находится далеко от реальной действительности и уже не может в полной мере удовлетворить потребности работников.

Система мотивации персонала – все то, что наемный работник может ценить и желать и что работодатель в состоянии или желает предложить в обмен на вклад наемного работника в выполнение организацией ее миссии.

Экспериментально установлено, что существует определенный оптимальный уровень мотивации, при котором деятельность выполняется лучше всего. Последующее увеличение мотивации приведет не к улучшению, а к ухудшению эффективности деятельности. Таким образом, очень высокий уровень мотивации не всегда является наилучшим. Существует определенная граница, за которой дальнейшее увеличение мотивации приводит к ухудшению результатов [5, с.3].

На большинстве промышленных предприятий используют следующие системы мотивации [1, с.22]:

- заработная плата номинальная – оплата труда: основная, премии, надбавки;
- заработная плата реальная – повышение тарифных ставок, компенсационные выплаты;

- участие в акционерном капитале;
- мотивирование свободным временем;
- трудовое или организационное мотивирование;
- организация питания;
- программы обучения персонала;
- страхование жизни;
- отчисления в пенсионный фонд.

Существует еще несколько систем мотивации, которые при необходимости могут использоваться:

- бонусы;
- планы дополнительных выплат;
- мотивирование, основанное на общественном признании;
- оплата транспортных расходов или обслуживание при использовании собственного транспорта;
- стипендиальные программы;
- программы медицинского обслуживания;
- консультативные службы;
- программы по льготам и компенсациям.

Учитывая нынешнюю ситуацию и рассматривая особенности экономического функционального развития структур, можно прийти к выводу, что время мотивации, основанной лишь на денежном поощрении, постепенно уходит в прошлое. Поэтому так необходимо сейчас изучение и совершенствование существующих систем мотивации.

Существует три подхода к мотивации: организационно-распорядительный (организационно-административный), экономический и социально-психологический. Данная классификация основана на мотивационной ориентации методов управления.

В зависимости от ориентации на воздействие на те или иные потребности выделяют:

1. Экономические методы управления, обусловленные экономическими стимулами. Они предполагают материальную мотивацию, то есть ориентацию на выполнение определенных показателей или заданий, и осуществление после их выполнения экономического вознаграждения за результаты работы.

2. Организационно-административные методы основаны на директивных указани-

ях. Эти методы базируются на властной мотивации, основанной на подчинении закону, правопорядку, старшему по должности и опираются на возможность принуждения.

3. Социально-психологические методы применяются с целью повышения социальной активности сотрудников. С помощью этих методов воздействуют преимущественно на сознание работников, на социальные, эстетические, религиозные и другие интересы людей и осуществляют социальное стимулирование трудовой деятельности.

Сегодняшняя ситуация в экономике свидетельствует о недостаточном материальном подкреплении труда работников. Хотя деньги и материальное стимулирование не имеют решающего значения, но в современных условиях недостаток материальных средств превращает производственную деятельность зачастую лишь в экономическую необходимость [2, с.25].

На промышленных предприятиях сложилась такая система мотивации, при которой основой мотивирования является размер денежного вознаграждения. Однако, по нашему мнению, это в корне неправильно. Успешные компании уже много лет эффективно используют нематериальные системы мотивации своих сотрудников.

Так, Кристер Ферлинг – шведский специалист, который является консультантом по управлению и руководителем высшего звена, рассказывает о шведской компании SKF. Когда в ходе проекта по изучению мотивации выясняли, что мотивирует персонал, то практически во всех странах этот список был одинаковым. Всегда на первом месте среди мотивирующих факторов была команда, рабочая группа, в которую входит человек. На втором – то, насколько интересной для него является выполняемая работа. На третьем месте стоял такой мотивирующий фактор, как способность контролировать свою работу, уровень самостоятельности в работе. Зарплата шла только на седьмом месте [4, с.2].

На предприятиях, особенно государственных, не всегда высокий размер заработной платы мотивирует сотрудников.

Это связано с тем, что государство устанавливает минимальный размер заработной платы за месяц, и в таком случае сотрудник знает, что при любой эффективности он будет получать установленную ставку. А значит, в таком случае мотивация к деятельности будет минимальной.

К наиболее эффективным способам мотивации относят следующие:

1. Наказание как средство мотивации работников.

Основная цель наказания – это недопущение действий, которые могут принести вред фирме. То есть наказание ценно не само по себе, как «мечь» за неправильные действия подчиненного, а как барьер, который не позволит данному человеку повторить эти действия в будущем и послужит примером всему трудовому коллективу.

2. Денежные выплаты за выполнение поставленных целей.

Это наиболее распространенный тип мотивации. Такие выплаты осуществляются при соответствии работника некоторым заранее установленным критериям. Среди них могут быть экономические показатели, показатели качества, оценка сотрудника другими лицами.

3. Выплаты к заработной плате для стимулирования здорового образа жизни работников.

Это выплаты в виде денежного вознаграждения за отказ от курения, сотрудникам, не пропустившим ни одного рабочего дня в течение года по причине болезни и работникам, постоянно занимающимся спортом.

4. Специальные индивидуальные вознаграждения – это специальные премии, выплачиваемые за владение навыками, необходимыми компании в данный момент.

5. Социальная политика организации – также важнейший инструмент экономического стимулирования.

Важно, когда в организации реализуются льготы и гарантии в рамках социальной защиты работников (социальное страхование по старости, по случаю временной нетрудоспособности, безработицы и другие),

установленные на государственном или региональном уровне.

Организации предоставляют своим работникам и членам их семей дополнительные льготы, относящиеся к элементам материального стимулирования, за счет выделенных на эти цели средств из фондов социального развития организации.

Широко известен «компенсационный пакет», применяемый зарубежными компаниями, но не имеющий широкого применения в Украине. Например, основные составляющие пакета крупной компании Siemens и средний процент выделения средств представлены на рис. 1 [7].

Заинтересованность работников в работе на предприятии и его успешной экономической деятельности тем выше, чем больше количество предоставляемых льгот и услуг, в том числе прямо не прописанных в действующем законодательстве. Такая политика может обеспечивать дополнительный доход работников в случае невысокого уровня заработной платы.

Выше представленную методику мотивации персонала внедрила компания «Киевстар». В компании каждый сотрудник

принимается на должность, обязанности которой четко определены должностными инструкциями и для которой установлен определенный уровень зарплаты (грейд). Все выплаты в компании происходят совершенно легально с уплатой соответствующих налогов, и сотрудник может использовать еще и такие дополнительные возможности, как банковское кредитование, пенсионное обеспечение и т.п. [6, с.1].

И данные методы дают результаты: компания является лидером на рынке мобильной связи в Украине. Но выше представленный пример, скорее исключение из правил. Основной сегмент предприятий остается неприбыльным.

Выводы и направление дальнейших исследований.

На предприятиях необходимо создать фундамент для национальной модели управления. Для этого важно формировать культуру труда и определенную систему ценностей. Методы мотивации, используемые на отечественных предприятиях, не отвечают указанным требованиям, а в большинстве случаев даже противоречат им

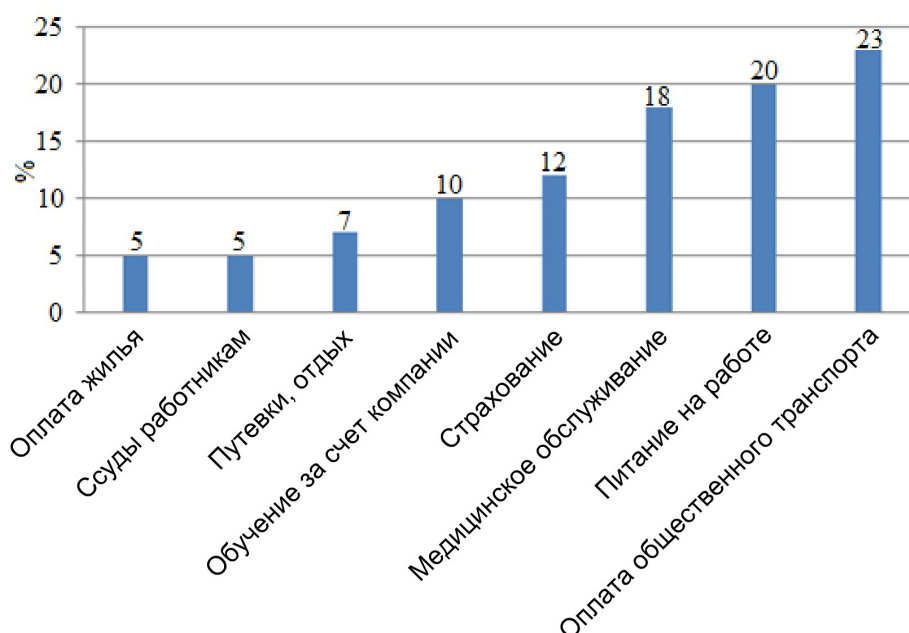


Рисунок 1 – Основные составляющие компенсационного пакета компании Siemens

Используемые системы мотивации и стимулирования персонала имеют ограниченный набор факторов воздействия на производственное поведение персонала, это связано с непростым финансовым положением большинства отечественных предприятий. Поскольку основное внимание уделяется материальным методам мотивации, это формирует у работников нацеленность лишь на получение материаль-

ного вознаграждения за труд, хотя и очень важно учитывать психологические аспекты мотивации рабочих.

В будущем применение зарубежного опыта стимулирования и многообразие возможностей мотивации повлияет на систему управления персоналом на каждом предприятии и поможет значительно повысить эффективность и результативность управления человеческим капиталом.

Библіографічний список

1. Беляева И. Ф. Трудовая мотивация. Механизмы формирования и функционирования / И. Ф. Беляева // Изменения в мотивации труда в новых условиях. — М. : НИИ труда, 1999. — С. 22–50.
2. Бугуцький О. А. Фактори розвитку мотивації праці / О. А. Бугуцький // Економіка АПК. — 2007. — № 7. — С. 25–31.
3. Кондоуров В. К. Каково направление мотивации ваших сотрудников? / В. К. Кондоуров // Проблемы современной экономики. — 2009. — № 7 (28). — С. 43–45.
4. Магура М. И. Управление мотивацией персонала [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.gkmim.ru/index.php?area=publication &pub=96>.
5. Мотивация [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/Мотивация>.
6. Мотивация персонала: украинский и зарубежный опыт [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.prostobiz.ua/biznes/upravlenie_biznesom/stati/motivatsiya_personala_ukrainskiy_i_zarubezhnyy_opyt.
7. От теории к практике. Мотивация персонала в Siemens [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://businesscasestudies.co.uk/siemens/motivation-within-a-creative-environment/introduction.html>.

**Рекомендована к печати д.э.н., проф. ДонГТУ Гришко Н.В.,
нач. управления Госказначейства г. Брянка Остапенко Н.М.**

Статья поступила в редакцию 17.11.15.

к.е.н. Ланговой В.О., к.е.н. Заречнев А.М. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

НАПРЯМИ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ ПЕРСОНАЛУ ПІДПРИЄМСТВА

Дано критичну оцінку сутності мотивації, досліджені існуючі системи мотивації та проблеми мотивації персоналу на промислових підприємствах, запропоновано найбільш ефективні напрями мотивації, у тому числі з урахуванням зарубіжного досвіду.

Ключові слова: персонал, мотивація, підприємство, управління, система, стимулювання.

PhD in Economics, Assistant Professor Langovoi V.A., PhD in Economics, Assistant Professor Zarechnev A.N. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

DIRECTIONS TO INCREASE MOTIVATION OF AN ENTERPRISE'S STAFF

Critical assessment of motivation essence has been given, present-day motivation systems and problems in personnel motivation have been analyzed, the most efficient motivation directions have been proposed considering foreign experience.

Key words: staff, motivation, enterprise, management, system, stimulation.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 128

д.филос.н. Патерыкина В.В.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

«ИСПОВЕДЬ» Л.Н. ТОЛСТОГО О СМЫСЛЕ ЖИЗНИ, СМЕРТИ И ВЕЧНОСТИ

Рассматривается подход Л.Н. Толстого к ответам на извечные вопросы человеческого бытия - смысла жизни, бессмертия, реализации в творчестве, семейных ценностях. Гениальность художественного мышления с неизбежностью отразилась в публицистических произведениях писателя, показывая эволюцию его исканий. В свою очередь, художественные произведения на эмоциональном уровне выразили кредо «живи открыто», составляющее смысл жизни писателя.

Ключевые слова: *смысл жизни, смерть, бессмертие, вечность, семейные ценности.*

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Тема смерти и бессмертия является одной из экзистенциальных в бытии человека. Смысл существования, завершённость жизненного цикла рано или поздно обостряются сознанием человека разумного, направляя мысль в религиозный, моральный, правовой поиск. В контексте аксиологической проблемы философии смерть и бессмертие рассматриваются в общем ряду состояния счастья, любви, дружбы, ценности самой человеческой жизни.

Витальные потребности, комфорт, эмоциональное состояние, признание в обществе, карьерный рост, передача наследства, забота о потомстве - это далеко не полный перечень составляющих жизни человека. Какой-то из этих компонентов беспокоит человека в большей степени, какой-то в меньшей или не беспокоит совершенно. Но было бы крайне наивно полагать, что пребывая в ладу со здравым смыслом, человек абсолютно равнодушен к себе и к тому, что останется после него.

Тема смерти и бессмертия актуальна не только для отдельного человека, но и для человечества. Особенно остро она вызывает к жизни в периоды социальных потрясений – революций, войн. За несколько миллионов лет осознания себя, выхода из природы, человечество выработало различные способы ухода из жизни, различные обряды перехода в инобытие, различ-

ные представления о посюстороннем и потустороннем мирах.

Как бы ни проживал человек жизнь, каким бы смыслом не наполнял её, логическим завершением является прекращение биологического существования. Авторский термин «*homo mortuum*», предложенный в 2014 году и зафиксированный в ряде публикаций, наиболее точно отражает смысл и характер человеческого бытия. «Человек умирающий» - это понятие, вбирающее все другие определения человека как то: *homo erectus*, *homo habilis*, *homo ludens*, *homo faber* и т.д.

Постановка задачи.

Ценность самой человеческой жизни всегда находилась в поле зрения религии, морали, искусства, права, литературы. В контексте предложенной темы фокусирование темы смерти и бессмертия будет рассмотрено через срез литературных произведений. Поскольку вся мировая литература представляет необъятное поле исследования темы смерти и бессмертия, то поиск будет сужен до одной персоналии Льва Николаевича Толстого. Его публицистическое произведение «Исповедь», художественные рефлексии дают богатейший материал для поисков смысла бытия отдельной личности и всего общества.

Изложение материала и его результаты. Насколько гениален писатель Л.Н. Толстой, настолько гениальны его противоречия в поисках истины человеческих

чувств, проявлении религиозной веры, любви, ценности семейных отношений, абсолютной ценности для личности и общества. Через художественные образы силой слова Л. Н. Толстой помещает героев в ситуации выбора, в пограничное состояние, требующее определённого действия и ответственности за него. В обобщающем смысле прямо или косвенно произведения Л.Н. Толстого, его искания пронизаны выбором между телесными желаниями и нравственными идеалами, оценку которым даёт осознание противоречия между бесконечностью мироздания и конечностью человеческого бытия. Ощущение бренности бытия помещает писателя, разрываемого противоречиями, и его героев в ограниченную сжатость мимолётности жизни и её смысла.

Квинтэссенцией напряжённых и драматических поисков ответов на извечные вопросы бытия стала «Исповедь», написанная в конце 70-х – начале 80-х годов XIX века. В 1882 году рукопись «Исповеди» поступила в набор. Однако Московский духовный цензурный комитет снял её с печати, поскольку «она приводит в сомнение важные истины веры и постановление православной церкви». Парадоксальность этого отказа заключается в том, что для писателя это был период богоискательства: «Во что я верил, я никак не мог сказать. Верил и в бога, или, скорее, я не отрицал бога, но какого бога, я не мог сказать: не отрицал я и Христа и его учение, но в чём было его учение, я тоже не мог бы сказать» [1, с. 108].

Вера в совершенство занимала писателя более всего. Началом всего было, разумеется, нравственное совершенство, но скоро оно подменилось совершенствованием вообще, т. е. желанием быть лучше не перед самим собою или перед богом, а желанием быть лучше перед другими людьми. И очень скоро это стремление быть лучше перед людьми подменилось желанием быть сильнее других людей, т. е. славнее, важнее, богаче других [1, с. 109].

Писатель исповедуется в том, что он убивал людей на войне, вызывал на дуэли, чтоб

убить, проигрывал в карты, проедал труды мужиков, казнил их, блудил, обманывал: «Ложь, воровство, любодеяние всех родов, пьянство, насилие, убийство» [1, с. 110]. Осознавая убийство величайшим злом, Л.Н. Толстой не воспринимает его в соотношении с прогрессом. Будучи в Париже, ему пришлось наблюдать смертную казнь, что разуверило Л.Н. Толстого в могуществе и сущности прогресса. «Когда я увидел, как голова отделилась от тела, и то, и другое врозь застучало в ящике, я понял – не умом, а всем существом, – что никакие теории разумности существующего и прогресса не могут оправдать этого поступка и что если все люди в мире, по каким бы то ни было теориями, с сотворения мира, находили, что это нужно, – я знаю, что это не нужно, что это дурно и что поэтому судья тому, что хорошо и нужно, не то, что говорят и делают люди, и не прогресс, а я со своим сердцем. Другой случай (сознание недостаточно для жизни суеверия прогресса) была смерть моего брата. Умный, добрый, серьёзный человек, он заболел молодым, страдал более года и мучительно умер, не понимая, зачем он жил, и ещё менее понимая, зачем он умирает. Никакие теории ничего не могли ответить на эти вопросы ни мне, ни ему во время его медленного и мучительного умирания» [1, с.113]. Этот случай смертной казни, увиденный писателем в Париже, нашёл отражение в другом публицистическом произведении «Так что же нам делать?», и назван величайшим грехом человечества. «Тридцать лет тому назад я видел в Париже, как в присутствии тысячи зрителей отрубили человеку голову гильотиной. Я знал, что человек этот был ужасный злодей; я знал, что все те рассуждения, которые столько веков пишут люди, чтобы оправдать такого рода поступки; я знал, что это сделали нарочно, сознательно; но в тот момент, когда голова и тело разделились и упали в ящик, я ахнул и понял не умом, не сердцем, а всем существом моим, что все рассуждения, которые я слышал о смертной казни, есть злая чепуха, что сколько бы людей ни собралось вме-

сте, чтобы совершить убийство, как бы они себя ни называли, убийство худший грех в мире и что вот на моих глазах совершён этот грех. Я своим присутствием и невмешательством одобрил этот грех и принял участие в нём» [2, с.174].

Насилие осуществляется при помощи оружия и Л.Н. Толстой выходит на общечеловеческое обобщение: покуда будет один вооружённый человек с признанием за ним права убить какого бы то ни было другого человека, до тех пор будет неправильное распределение богатств [2, с.274]. Это противоестественное состояние человека, поскольку его природу и предназначение гуманист усматривает в удовлетворении, прежде всего, материальных телесных потребностей. Требование всей природы: кормить, одевать, беречь себя и своих близких, делать то же для других людей – удовлетворение духовных потребностей. Всякая другая деятельность человека только тогда законна, когда направлена на удовлетворение этой первейшей потребности человека, потому что в удовлетворении этой потребности состоит вся жизнь человека [2, с. 366].

Война осуждается писателем-гуманистом как социальное потрясение, забирающее тысячи и миллионы человеческих жизней. Эпохальное произведение "Война и мир" сконцентрировало не только рефлексию отечественной войны 1812, но и преподнесло отношение самого писателя к смерти конкретного человека, к размышлениям о нравственном долге и того абсолюта, ради которого необходимо отдать единственную жизнь. Название романа не связано с противопоставлением войны, как неестественного состояния общества, и мира как противоположности войны. Мир разумеется писателем в данном контексте как космос, Вселенная, противопоставленная хаосу. "Война и мир"- даже написание гласной "и" разнится в союзе и существительном "мир".

Роман "Анна Каренина" строится на коллизии частной жизни, где банальная история разворачивается до общечелове-

ческих обобщений. В романе все герои оправданы, не делясь писателем на "хороших" и "плохих". Для героини единственным выходом является смерть, что не ново в сюжетных линиях мировой литературы. В образе Анны Карениной Л.Н. Толстой выразил свои собственные размышления о том, зачем проживать жизнь и когда и при каких обстоятельствах выходить из неё. Персонификация в женском образе стала необходимой писателю, поскольку публицистика, очевидно, не давала той полноты объёма для размышления над жизнью и смертью, какую давало художественное воплощение.

В "Исповеди" прослеживается титаническая внутренняя работа Л. Н. Толстого по оценке собственных противоречий. В частности, писателя волновал вопрос самоубийства. Размышляя над истиной, для Толстого стала очевидной сентенция: "Истина была то, что жизнь есть бессмыслица" [1, с. 117]. Кризис подталкивает писателя к выводу о том, что "ничего нет впереди, кроме обмана жизни и счастья и настоящих страданий и настоящей смерти – полного уничтожения" [1, с.117]. Какая-то непреодолимая сила влекла писателя к тому, чтобы как-нибудь избавиться от жизни. По замечанию писателя, это была сила, подобная прежнему стремлению к жизни, только в обратном отношении, и он всеми силами стремился прочь от жизни. Л.Н. Толстой отмечает: «Мысль о самоубийстве пришла мне так же естественно, как прежде приходили мысли об улучшении жизни. Мысль эта была так соблазнительна, что я должен был употреблять против себя хитрости, чтобы не привести её слишком поспешно в исполнение. Я не хотел торопиться только потому, что хотелось употребить все усилия, чтобы распутаться! Если не распутаюсь, то всегда успею, говорил я себе. И вот тогда я, счастливый человек, вынес из своей комнаты шнурок, где я каждый вечер бывал один, раздеваясь, чтобы не повеситься на перекладине между шкапами, и перестал хо-

дить с ружьём на охоту, чтобы не соблазниться слишком лёгким способом избавления себя от жизни. Я сам не знал, чего я хочу: я боялся жизни, стремился прочь от неё и между тем чего-то ещё надеялся от неё» [1, с. 117].

Отторжение жизни обозначилось в период внешнего благополучия писателя: уважение близких и знакомых, признание писательского труда, телесное и духовное здоровье, материальное благосостояние, любовь семьи. Все составляющие человеческого счастья и довольствования жизнью наличествовали. Писатель осознаёт такое противоречивое состояние, когда внешнее благополучие пришло в несоответствие с внутренними побуждениями писателя, не достигшего и пятидесяти лет. «И в таком положении я пришёл к тому, что не мог жить и, боясь смерти, должен был употреблять хитрости против себя, чтобы не лишиться себя жизни» [1, с. 118]. Предсказуемость финала и дальнейший ход событий нивелировали всю ценность сделанного в жизни. Цель и полезность жизни снимали всю её ценность перед неизбежностью смерти. В размышлениях Л.Н. Толстого она представлялась определителем, который лишает разумного смысла каждый поступок и саму жизнь.

В зрелом возрасте писатель ошутимо и болезненно вскрыл для себя то, что не мог осознать с самого начала жизни, но что давно было всем очевидно. «Не нынче – завтра придут болезни, смерть (и приходили уже) на любимых людей, на меня, и ничего не останется кроме смрада и червей. Дела мои, какие бы они ни были, все забудутся – раньше, позднее, да и меня не будет. Так из чего же хлопотать? Как может человек не видеть этого и жить – вот это удивительно! Можно жить только, покуда пьян жизнью; а как протрезвишься, то нельзя не видеть, что всё это – только обман, и глупый обман! Вот именно, что ничего даже нет смешного и остроумного, а просто – жестоко и глупо» [1, с.118].

Неизбежность смерти обращает мысли Л.Н. Толстого к бегу времени, смене дня и ночи, которые уменьшают жизнь. «Я вижу это одно, потому что это одно – истина. Остальное всё – ложь» [1, с. 119]. Осознание необратимости времени, невозможность влияния на его ход приводят писателя к мысли о тщетности существования не только его самого, но и его близких. По своей глубине и смыслу потрясающий вопрос задаётся писателем: «Зачем же им жить? Зачем мне любить их, беречь, растить и блюсти их? Для того же отчаяния, которое во мне, или для тупоумия! Любя их, я не могу скрывать от них истины, всякий шаг к познанию ведёт их в этой истине. А истина – смерть» [1, с. 120]. Любя близких людей, Л.Н. Толстой не видит смысла их существования – ещё один парадокс мыслителя. Давая жизнь собственным детям, он не скрывает от них истины бытия – смерти. Размышляя о продлении себя через любовь близких, видя своё физическое бессмертие в детях, Л.Н. Толстой приходит к неразрешимому противоречию: бессмысленность продления рода, поскольку всё (в том числе его родные) рано или поздно будет поглощено смертью.

Любовь к семье и писательству некогда были дороги Л.Н. Толстому, вбирая в себя смысл его существования. Семья – ежедневная поддержка, реализация ценности отца, мужа, и писательство – самореализация в обществе, признание важного дела по фиксированию в художественных образах сущности личности оказались ничего не значащими. Писательство, которое принесло успех Л.Н. Толстому, которое он делал, несмотря на то, что придёт смерть, которая уничтожит всё – и его, и его дела, и память о них, оказалось для писателя обманом. Он давал себе отчёт в том, что искусство есть «украшение жизни, заманка к жизни». Но когда жизнь потеряла для него свою заманчивость, писатель задавал себе вопрос – как же он мог заманивать других.

Две составляющие жизни – семья и писательство – утратили смысл, поставив Л.Н. Толстого перед невозможностью дальнейшего существования. Это было состояние ужаса, избавление от которого писатель находил исключительно в смерти. Терпеливое ожидание конца было невозможно, ужас тьмы был слишком велик и писатель хотел поскорее избавиться от него петлей или пулей. «И вот это-то чувство сильнее всего влекло меня к самоубийству» [1, с. 121].

Опыт предшествующих поколений привёл писателя к выводу о том, что вопрос смысла жизни ставился, но решения он не находил. Отчаянное состояние происходило от невозможности найти ответ на вопрос смысла жизни в знаниях, доступных человеку. Бессмысленно искать смысл в бессмыслице жизни – таков итог мучительных исканий Л.Н. Толстого. «Что выйдет из того, что я делаю нынче, что я буду делать завтра, - что выйдет из всей моей жизни?», «Зачем мне жить, зачем чего-нибудь желать, зачем что-нибудь делать?», «Есть ли в моей жизни такой смысл, который не уничтожался бы неизбежно предстоящей мне смертью?» [1, с. 122]. Ни естественные науки, ни физиология, психология, биология, социология (отрасль знаний, пытающаяся давать решение вопросов жизни), ни религии, науки, искусство, формы государственности (духовные идеалы), ни юридические, социальные, исторические (названные Л.Н. Толстым полунуками) не открыли смысла жизни. Обращение к философии привело писателя к заключению, что философия не только не отвечает в чём смысл жизни, а сама только это и спрашивает. И если она – истинная философия, то, вся её работа только в том и состоит, чтоб ясно поставить этот вопрос. И если она твёрдо держится своей задачи, то она и не может отвечать иначе на вопрос: «Что такое я и весь мир? - всё и ничто; а на вопрос: зачем существует мир и зачем существую я? – не знаю» [1, с. 126].

Но такое несколько скептическое отношение к философии не помешало Л. Н. Толстому обратиться к учениям Сократа, Шопенгауэра, Соломона, Будды. «Мы приблизимся к истине только настолько, насколько мы удалимся от жизни, – говорит Сократ, готовясь к смерти. – К чему мы, любящие истину, стремимся к жизни? К тому, чтоб освободиться от тела и от всего зла, вытекающего из жизни тела. Если так, то как же нам не радоваться, когда смерть приходит к нам?.. Мудрец всю жизнь ищет смерти, и потому смерть не страшна ему» [1, с. 128]. Жизнь тела есть зло и ложь. И потому уничтожение этой жизни тела есть благо, и мы должны желать этого, - говорит Сократ.

Жизнь есть то, чего не должно быть, — зло и переход в ничто есть единственное благо жизни, – говорит Шопенгауэр.

Всё в мире – и глупость и мудрость, и богатство и нищета, и веселье и горе – всё суeta и пустяки. Человек умрёт, и ничего не останется. И это глупо, – говорит Соломон.

Жить с сознанием неизбежности страданий, ослабления, старости и смерти нельзя – надо освободить себя от жизни, от всякой возможности жизни, – говорит Будда.

Писатель, обращаясь к мыслям философов, разделяет их чувства, однако это не вывело его из отчаяния, а, напротив, усилило его. И Л. Н. Толстой делает окончательный вывод: «Обманывать себя нечего. Всё суeta. Счастлив, кто не родился, смерть лучше жизни; надо избавиться от неё» [1, с. 132].

Мучительно ища путь ухода от отчаяния, порождённого вечными «проклятыми» вопросами, Л.Н. Толстой определяет четыре пути поведения для ищущих смысл в жизни и не нашедших его. Один из путей заключается «в том, чтобы, поняв, что жизнь есть зло и бессмыслица, уничтожить её. Так поступают редкие сильные и последовательные люди. Поняв всю глупость шуток, какая над ними сыграна, и

поняв, что блага умерших паче благ живых и что лучше всего не быть, так и поступаю и кончают сразу эту глупую шутку, благо есть средства: петля на шею. Вода, нож, чтоб им проткнуть сердце, поезда на железных дорогах. И людей из нашего круга, поступающих так, становится всё больше и больше. И поступают люди так большей частью в самый лучший период жизни, когда силы души находятся в самом расцвете, а унижающих человеческий разум привычек ещё усвоено мало. Я видел, что это самый достойный выход и хотел поступить так» [1, с. 134].

Ещё один из способов выхода из кризиса Л.Н. Толстой назвал выходом слабости. «Он состоит в том, чтобы, понимая зло и бессмысленность жизни, продолжить тянуть её, зная вперёд, что ничего из неё выйти не может. Люди этого разбора знают, что смерть лучше жизни, но, не имея сил поступить разумно – поскорее кончить обман и убить себя, чего-то как будто ждут. Это есть выход слабости, ибо, если я знаю лучшее и оно в моей власти, почему не отдаться лучшему?.. Я находился в этом разряде» [1, с. 134]. Писатель пытается ответить на вопрос: а как существует человечество, если жизнь лишена смысла? Противоречие между жизнью отдельной личности и жизнью всего человечества привело Л. Н. Толстого к неразрешимости. Заблуждение происходило оттого, что у писателя произошла подмена понятий: узкий круг близких ему людей он представлял как всё человечество, а миллиарды живших и живых – как скот. «Разумные знания в лице учёных и мудрых отрицает смысл жизни, а огромные массы людей, всё человечество – признаёт этот смысл в неразумном знании. И это неразумное знание есть вера» [1, с. 138]. Находясь в сложных отношениях с религиозной верой, тем не менее, писатель приходит к парадоксальному заключению: нужно жить по закону божью, не уничтожаемый смертью смысл – в соединении с бесконечным богом. Смысл бесконечного не уничтожаемый страданиями, лишениями

и смертью. «Значит в одной вере можно найти смысл и возможность жизни... вера есть знание смысла человеческой жизни, вследствие которого человек не уничтожает себя, а живёт. Вера есть сила жизни. Если человек живёт, то он во что-нибудь да верит. Если б он не верил, что для чего-нибудь надо жить, то он бы не жил. Если он не видит и не понимает призрачности конечного, он верит в это конечное; если он понимает призрачность конечного, он должен верить в бесконечное. Без веры нельзя жить» [1, с. 141].

Богоискательство приводит Л.Н. Толстого к заключению, что он жил только тогда, когда верил в бога: «Стоит мне знать о боге, и я живу: стоит забыть и не верить в него, и я умираю. Что же такое эти оживления и умирания? Ведь я не живу, когда теряю веру в существование бога, ведь я бы уже давно убил себя, если б у меня не было смутной надежды найти его. Ведь я живу, истинно живу только тогда, когда чувствую его и ищу его. Так чего же я ищу ещё? – вскрикнул во мне голос. – Так вот он. Он – то, без чего нельзя жить. Знать бога и жить – одно и то же. Бог есть жизнь» [1, с. 151]. Сущность всякой веры, по мнению Л.Н. Толстого, состоит в том, что она придаёт жизни такой смысл, который не уничтожается смертью.

Кредо Л.Н. Толстого «Живи открыто» сопровождало его всю жизнь, поэтому и всё его творчество воспринимается теперь как одна великая исповедь [3, с.5]. «Исповедь» публицистическая и исповедь художественная, переплетаясь, преподносят противоречивость и трагизм глобального масштаба вселенского гения слова, чувств и мыслей.

Выводы и направления дальнейших исследований.

В публицистике отразилась лишь часть противоречий писателя, где максимально честно показаны искания Л.Н. Толстого в ответах на «проклятые вопросы» человеческого бытия. Неизмеримо огромный пласт эмоционального состояния писателя

воплощён в художественных произведениях, в которых через главных героев и образы природы рефлектируется духовный путь писателя. «Метель» (1856), «Утро помещика» (1856), «Холстомер» (1863), «Смерть Ивана Ильича» (1886), «Хозяин и работник» (1895), «Отец Сергей» (1898), «После бала» (1903), «Посмертные записки старца Фёдора Кузмича» (1905) воплотили отношение Л.Н. Толстого к извечной проблеме смерти и бессмертия. Может по-

казаться странным, но признание в России и известность в мире Толстому принесли именно повести, которые затем были за-слонены его великими романами [3, с. 19].

Дальнейшие изыскания ответов на вечные вопросы человеческого бытия, в том числе проблему жизни, смерти, бессмертия, предполагается направить на рефлекссию эмоционально-образного преподнесения через художественные произведения гения мировой литературы.

Библиографический список

1. Толстой Л. Н. Исповедь / Л. Н. Толстой. // *Собрание сочинений в 22 т / Л. Н. Толстой [коммент. Л. Д. Опульской.]* — М. : Худож. лит. — . — Т. 16. — 1983. — С. 166.
2. Толстой Л. Н. Так что же нам делать? / Л. Н. Толстой. // *Собрание сочинений в 22 т / Л. Н. Толстой [коммент. Л. Д. Опульской.]* — М. : Худож. лит. — . — Т. 16. — 1983. — С. 160.
3. Бабаев Э. Повести Толстого / Э. Бабаев // *Л. Н. Толстой Смерть Ивана Ильича.* — М. : Худож. лит., 1969. — 264 с.

*Рекомендована к печати д.филос.н., проф. ЛГАКИ Суханцевой В.К.,
к.филос.н., доц. ДонГТУ Сандыгой О.И.*

Статья поступила в редакцию 17.11.15.

д.филос.н. Патерикіна В. В. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

«СПОВІДЬ» Л.М.ТОЛСТОГО ПРО СЕНС ЖИТТЯ, СМЕРТІ ТА ВІЧНОСТІ

Розглядається підхід Л.М. Толстого до відповідей на одвічні питання людського буття – сенсу життя, безсмертя, реалізації у творчості, сімейних цінностях. Геніальність художнього мислення неодмінно відбилась у публіцистичних творах письменника, показуючи еволюцію його пошуків. У свою чергу, художні твори на емоційному рівні відбили кредо «живи відкрито», що складало сенс життя письменника.

Ключові слова: *сенс життя, смерть, безсмертя, вічність, сімейні цінності.*

PhD in Philosophy Paterykina V.V. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

«CONFESSION» BY L.N. TOLSTOY ABOUT SENSE OF LIFE, DEATH AND ETERNITY

Leo Tolstoy's approach to the perennial questions of human being such as sense of life, eternity, realization in art, family values is studied. Brilliance of artistic thinking was reflected imminently in author's publicistic works, showing the evolution of his searches. In its turn, fiction works emotionally expressed a credo «live openly» presenting the sense of author's life.

Key words: *sense of life, death, immortality, eternity, family values.*

УДК 371.31

Мрачковская М.Н.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

КОММУНИКАТИВНОСТЬ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ

Автор обосновывает необходимость широкого использования различных видов коммуникативных заданий для создания прочной базы свободного владения иностранным языком. Особое внимание в статье уделяется раскрытию принципа коммуникативности в рамках компетентностного подхода. На основе практического опыта предлагаются рекомендации по организации практических занятий.

Ключевые слова: компетентностный подход, коммуникативность, коммуникативные задания.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Объективное развитие педагогической науки неизбежно приводит к поиску новых методов и технологий обучения. В последние десятилетия эти поиски стали значительно успешнее. В обучении речевой деятельности появилась тенденция, которую признали плодотворной и перспективной, – это усиление коммуникативной направленности учебного процесса.

Между тем важность обоснования коммуникативного метода и описания его технологии не подлежит сомнению, так как это уже стало настоящей потребностью практики обучения. Коммуникативный метод активно внедряется в учебный процесс как по обучению иностранному языку, так и по общеобразовательным дисциплинам.

Сегодня процесс обучения нацелен на достижение лично-значимых результатов, происходит переориентация на практическую направленность образования, когда получаемые знания подчиняются практическим умениям, формируемым на основе этих знаний.

Практическим проявлением лично-деятельностного подхода являются компетентностный подход, который нацелен на конкретизацию целей и результатов обучения, и коммуникативный подход, опреде-

ляющий путь, метод реализации этих целей и достижение практического результата.

Научить студента общаться на чужом языке – вот главная задача преподавателя иностранного языка. Лексика, грамматические структуры, выражения чужого языка преподносятся студенту в контексте реальной, эмоционально окрашенной ситуации, которая способствует быстрому и прочному запоминанию изучаемого материала. Коммуникативный подход предполагает разрушение психологического барьера между преподавателем и студентом.

Постановка задачи. Задачей данной работы является раскрытие сущности коммуникативности в обучении иностранным языкам и описание дидактических возможностей образовательных технологий в процессе развития коммуникативных умений.

Изложение материала и его результаты. Под коммуникативностью Е. И. Пасов понимает функциональное использование знаний, правил-инструкций, которые сообщаются студенту при выполнении упражнений не в полном объеме и не сразу, а только в таких количествах и в тех местах автоматизации, которые бы обеспечивали профилактику ошибок и овладение материалом [1, 13]. Краткий психологический словарь дает следующее определение коммуникативности: это такая организация и направленность занятий по язы-

ку, при которой цель обучения связана с обеспечением максимального приближения процесса обучения к реальному процессу общения на изучаемом языке во всех или нескольких видах речевой деятельности и разных сферах общения (бытовой, учебной, профессиональной, социально-культурной) [2]. Коммуникативность – центральная установка в обучающей деятельности, при которой все учебные материалы и каждое учебное занятие должны быть направлены на выработку у студентов способности использовать полученные знания, навыки, умения в естественном общении через посредство иностранного языка.

Обучение общению можно организовать так, чтобы оно происходило в адекватных условиях, т.е. условиях общения. Этому и служит коммуникативность, которая проявляется, во-первых, в учете индивидуальности каждого студента. Ведь любой человек отличается от другого и своими природными свойствами, и умением осуществлять учебную и речевую деятельность, и своими характеристиками как личности. Коммуникативное обучение предполагает учет всех этих характеристик студентов, ибо только таким путем могут быть созданы условия для общения: вызвана коммуникативная мотивация, обеспечена целенаправленность говорения, сформированы взаимоотношения и т.д.

Во-вторых, коммуникативность проявляется в речевой направленности процесса обучения, заключающейся в том, что путь к практическому владению говорением как средством общения лежит через само практическое пользование языком.

В-третьих, коммуникативность выражается в функциональности обучения. Функциональность, прежде всего, определяет методику работы по усвоению лексической и грамматической сторон говорения. Хорошо известен тот факт, когда студенты, зная слова, умея образовывать ту или иную грамматическую форму, оказываются неспособными использовать все это в

процессе общения. Причина кроется в стратегии обучения, согласно которой слова сначала заучиваются, а грамматическая форма доводится до автоматизма в отрыве от речевых функций, а затем организуется их использование в говорении. В результате слово или грамматическая форма не ассоциируются с речевой задачей. Коммуникативность означает также и функциональное использование знаний, правил-инструкций, которые сообщаются студенту при выполнении упражнений не в полном объеме и определенных количествах для дальнейшей автоматизации, которые бы обеспечивали профилактику ошибок и овладение материалом.

В-четвертых, коммуникативность предполагает ситуативность обучения. Сейчас уже все признают необходимость обучения на основе ситуаций; однако понимание их различно. Ситуативность – это соотношенность любой фразы с взаимоотношениями общающихся, с контекстом их деятельности.

В-пятых, коммуникативность означает постоянную новизну процесса обучения, проявляющуюся в различных компонентах урока. Это прежде всего новизна речевых ситуаций и новизна используемого материала, новизна организации урока и разнообразие приемов работы. Новизна определяет стратегию обучения, согласно которой один и тот же материал никогда не предъявляется дважды в одних и тех же целях. Это постоянное комбинирование материала и обеспечивает продуктивность говорения.

Нельзя не согласиться с И. Л. Бим, что коммуникативность «не сводима только к установлению с помощью речи социальных контактов, к овладению туристским языком. Это приобщение личности к духовным ценностям других народов» [3, 40].

Анализируя исследования различных ученых можно прийти к выводу, что коммуникативность подчеркивает единство ознакомления, тренировки и речевой практики и нацелена на овладение языком как средством общения, выделяя при этом

особую роль использования проблемных ситуаций, активизации мыслительной деятельности, формирования речевых навыков и умений.

Нами установлено, что принципу коммуникативности на занятиях по иностранному языку присущи следующие параметры: а) мотивированность как функционально-речевая обусловленность любого речевого поступка и деятельности студента в целом; б) целенаправленность как наличие речевой стратегии и тактики и ориентированность на конечную цель; в) личностный смысл деятельности студента по овладению иноязычной культурой; г) речемыслительная активность как постоянная вовлеченность в процесс общения, заключающаяся в непосредственном (т.е. вербальном) либо опосредованном (т.е. мыслительном) решении речемыслительных задач общения; д) индивидуальность отношения ко всему, что составляет образовательный процесс; е) образовательная ценность учебного материала; ж) проблемность как способ организации, введения и интерпретации материала; з) контактность трех видов: эмоциональная, смысловая, личностная; и) взаимодействие участников образовательного процесса (координация, взаимопомощь и т.п.); к) эвристичность как антипод произвольному заучиванию и воспроизведению заученного. По мнению разработчиков коммуникативной технологии, «только соблюдение всех перечисленных параметров на оптимальном уровне каждого из них даст право назвать образовательный процесс коммуникативным» [4].

Рассмотрим некоторые принципиальные положения подробнее.

1. Личностная ориентация обучения.

Коммуникативный подход направлен на обучаемого. Одной из задач, решаемых в ходе обучения, является повышение у студентов мотивации к изучению предмета. Такая задача может быть достигнута путем сосредоточения на личности обучаемого и предоставления ему возможности выбора

путей для достижения целей программы. При таком подходе современные обучающие технологии должны научить студентов самостоятельно приобретать знания, творчески использовать полученные знания, принимать самостоятельные решения, самостоятельно оценивать результат, выстраивать с другими людьми отношения взаимодействия и сотрудничества.

При реализации личностно-ориентированного обучения содержание учебной деятельности должно представлять для студентов личностный смысл. На занятиях должна ставиться реально значимая для студентов проблемная, поисковая и творческая задача. В такой ситуации для студентов складываются реальные условия для развития умения самостоятельно мыслить, принимать решения, находить способы решения задач.

Важнейшим условием решения этой задачи является внедрение в учебный процесс продуктивных образовательных технологий, таких как подготовка проектов и презентаций, решение кейсов, ролевые игры.

2. Деятельностная сущность обучения. Задачей коммуникативно-ориентированного обучения является создание для студентов условий, в которых они участвуют в деятельности, и эта деятельность представляется значимой для студентов и происходит в рамках конкретных жизненных ситуаций. Преподаватель старается воссоздать на занятии «естественную» ситуацию общения. В определенном смысле любая реальная ситуация, перенесенная в рамки урока, носит оттенок «искусственности», но в основе коммуникативного подхода лежит не столько реальность ситуации общения, сколько реальность деятельности в ситуации общения [5, 22-24]. В искусственно созданной ситуации общения учащиеся пытаются решить реальные задачи совместной деятельности, выполняя «деятельностное» задание, разработанное преподавателем. Это задание должно содержать коммуникативную цель и проблемно-познавательную задачу для

учащихся, которую они пытаются решить. Деятельностные задания при коммуникативно-ориентированном обучении строятся на основе игрового, имитационного или свободного общения. Это могут быть коммуникативные игры, симуляции, ролевые игры, такие как организация круглых столов, проведение интервью, ток шоу (*talk show*), дискуссий, дебатов, которые организуются в соответствии с разработанным сюжетом и распределенными ролями. Условия проведения таких игр должны обеспечить для учащихся возможность свободно выражать свои мысли в процессе общения, чувствовать себя в безопасности от критики, каждый ученик должен быть в фокусе внимания остальных, важно поощрять противоречивые, неожиданные суждения, которые свидетельствуют о самостоятельности мышления учеников и их активной позиции.

3. Коллективное взаимодействие в процессе обучения.

Обучение на основе коммуникативного подхода предполагает не только решение коммуникативно значимых задач на базе «реальных» ситуаций общения, но и создание условий «естественного» учебного общения. Главным условием общения являются, во-первых, сама потребность в осуществлении общения, то есть развитая коммуникативная способность и, во-вторых, наличие партнеров по общению.

Коммуникативная способность обучаемых развивается через их вовлечение в решение широкого круга значимых, реалистичных, имеющих для них смысл и достижимых задач, успешное решение которых доставляет удовлетворение и повышает их уверенность в себе.

Одной из важных задач, стоящих перед преподавателем, является нахождение оптимальных способов развития коммуникативной способности обучаемых. Можно назвать следующие рекомендации для поддержания коммуникативного поведения учащихся:

1) предлагать для обсуждения более одной темы, тема должна быть понятна, интересна студентам и полезна для обсуждения, учащиеся должны владеть содержанием предметом общения;

2) разъяснять мотивы, по которым предлагается та или иная тема;

3) поощрять студентов выражать оригинальные идеи;

4) поддерживать студентов в выражении собственного мнения;

5) включать эти мнения в общее обсуждение;

6) призывать студентов прислушиваться друг к другу, быть терпимыми к мнению других;

7) принимать во внимание индивидуальный характер студентов.

Общение невозможно без взаимодействия с партнером или партнерами, поэтому задания преподавателя должны выполняться в парах или малых группах, индивидуально выполняются только элементы задания. При этом студенты сами решают, кто какую часть задания выполняет и сами организуют работу в своей группе по реализации поставленной цели.

Задания, нацеленные на развитие коллективного взаимодействия, представляют собой три основных вида:

1) сотрудничество студентов в выработке единой идеи на основе одинаковой информации по теме;

2) передача информации от одного студента к другому, при этом у одного студента имеется информация, которой нет у другого и её надо восполнить;

3) комбинирование информации, когда у участников общения имеется противоречивая информация, разные доказательства и их надо собрать воедино и выработать единое мнение.

4. Моделирование обучения.

В связи с тем, что объём знаний на современном этапе очень велик и реально усвоить его в рамках одного курса не всегда представляется возможным, то идея коммуникативно-ориентированного обу-

чения – организовать изучение содержательной стороны предмета на основе проблем и тем – представляется методически целесообразной.

Реализация коммуникативной направленности в процессе обучения очень во многом зависит от правильно выбранных упражнений и заданий. Именно в системе упражнений и выбранных приемах обучения отражается вся концепция преподавания.

Одним из таких эффективных приемов коммуникативно-ориентированного обучения является инсценировка. Особенно эффективен он на занятиях по иностранному языку, где очень часто как основной учебный материал используются художественные тексты разных жанров, когда ставится цель – развитие умения интерпретации текста как ключевого умения чтения.

Инсценировка позволяет, с одной стороны, более полно осознать условия, влияющие на речевое поведение людей, а, с другой, – почувствовать многообразие способов выражения различных эмоций, отношений и т.д. При инсценировке концентрируется внимание на контекстуальной обусловленности использования языковых средств.

При этом коммуникативный подход в обучении предъявляет серьезные требования к преподавателю. Преподаватель не только дает знания, определяет, кому говорить следующим, а является соучастником в процессе изучения, источником идей, благодарным слушателем, наставником. Преподаватель должен легко ориен-

тироваться в ситуации на уроке, поскольку работа на занятиях может пойти не так, как запланирована, и чтобы не нарушить ход работы, необходимо быть информированным, подготовленным, иметь глубокие знания по предмету, в области психологии и в области социального общения.

Реализация принципа коммуникативности на практике требует достаточно много времени. Необходимо создать благоприятную обстановку, при которой студент понимает, что его уважают как личность, считаются с его взглядами, точкой зрения, учитывают его интересы и предпочтения. При такой организации обучения возможно достижение целей, отвечающих современной ситуации.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Практические потребности обучения иностранным языкам на том или ином этапе развития общества определяют приоритет тех или иных методов. Приоритетное использование коммуникативно-ориентированного метода обучения представляется наиболее логичным и обоснованным, поскольку ведущая роль коммуникативной функции языка неоспорима. Данный метод направлен на одновременное развитие основных языковых навыков в процессе живого, непринужденного общения.

Для более детального обоснования экспериментальной разработки необходимо разработать структуру практических занятий, сосредоточившись на упражнениях.

Библиографический список

1. Пассов Е. И. *Коммуникативные методы обучения иноязычному говорению* / Е. И. Пассов. — М. : Просвещение, 1988. — 208 с.
2. *Краткий психологический словарь* / Ред.-сост. Л. А. Карпенко; под. общ. ред. А. В. Петровского. — Ростов-на-Дону : «Феникс», 1998. — 512 с.
3. Бим И. Л. *Теория и практика обучения немецкому языку в средней школе* / И. Л. Бим. — М., 1988. — С. 40.
4. Пассов Е. И. *Учитель иностранного языка: Мастерство и личность* / Е. И. Пассов, В. П. Кузовлев, В. Б. Царькова. — М. : Просвещение, 1993. — 159 с.

5. Леонтьев А. А. Принцип коммуникативности сегодня / А. А. Леонтьев // Иностр. языки в школе. — № 2. — М., 1986. — С. 74–83.

*Рекомендована к печати к.филол.н., доц. ДонГТУ Сулеймановой Н.В.,
к.филол.н., доц. ЛГУ им. Тараса Шевченко Скарпиной Е.Ю.*

Статья поступила в редакцию 19.11.15.

Мрачковська М.М. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

КОМУНІКАТИВНІСТЬ У НАВЧАННІ ІНОЗЕМНИХ МОВ

Автор обґрунтовує необхідність широкого використання комунікативних завдань для утворення міцної бази вільного володіння іноземною мовою. Особлива увага у статті приділяється розкриттю принципу комунікативності у рамках компетентнісного підходу. Ґрунтуючись на практичному досвіді пропонуються рекомендації з організації практичних занять.

Ключові слова: компетентнісний підхід, комунікативність, комунікативні завдання.

Mrachkovskaia M.N. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

COMMUNICATIVENESS IN TEACHING FOREIGN LANGUAGES

Author gives argumentations in wide use of various kinds of tasks on communication for forming a strong knowledge of fluent speaking foreign languages. A great attention is paid to emphasizing the principle of communicativeness within competency-based approach. Recommendations to organize practical lessons are given basing the hands-on experience.

Key words: competency-based approach, communicativeness, tasks on communication.

УДК 130.2: 791.4

Симоненко Л.О.

(ЛГАКИ им. М. Матусовского, г. Луганск, ЛНР)

ЭКРАННАЯ КУЛЬТУРА В СОВРЕМЕННОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В современном мире культурно-образующим феноменом является экранная культура. Возникнув в индустриальном обществе, эта культура в полной мере проявляет себя в процессе развития и становления информационного общества. Экранная культура представляет собой структурную систему таких взаимосвязанных элементов, как кино, телевидение и компьютерные технологии. Основной системообразующий признак – это представление информации в динамичном и аудиовизуальном виде.

Ключевые слова: экранная культура, кино, телевидение, компьютерные технологии, экран, манипуляция.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. В экранной культуре основным материальным носителем текстов является «экранность», гармоничное соединение художественности и цифровых технологий. Основными структурными составляющими экранной культуры являются: кино, телевидение и новые медиа, созданные с использованием компьютерных технологий. Система этой культуры основана на экранных (плоскостных) изображениях, литературе (сценарии), на экранной речи, анимационном моделировании и виртуальной реальности.

Экранные технические средства и цифровые технологии, развиваясь и совершенствуясь, прочно вошли во все сферы жизнедеятельности. Цифровые технологии и технические возможности XXI века расширили грани возможностей экранной культуры, выдвинув ее в доминантное положение среди других видов искусства.

В сфере экранной культуры сегодня сконцентрировано мощное поле социального, психологического, эстетического влияния на человека. Это широкий доступ к получению разнообразной информации; мощное средство манипулирования, новые перспективы художественного творчества для каждого индивидуума.

Постановка задачи. Задачей данной работы является систематизация структурных составляющих элементов экранной культуры в современном информационном пространстве, а так же выявление связи современной культуры с информационными технологиями.

Изложение материала и его результаты. На развитие экранной культуры, как социокультурного явления, повлиял художественно-технический прогресс, который связан с открытием звука, цвета, световых возможностей, различных форматов и разрешений экрана, светочувствительности пленки, а также с изобретением цифровых технологий и переходом на цифровую съемку и видеомонтаж, с 3D-реальностью кадра, анимации и других специальных эффектов.

Элементы экранной культуры (кино, телевидение и компьютерные технологии), органически взаимосвязанные друг с другом, и представляют объекты в динамичной и аудиовизуальной форме, т.е. в сочетании динамичного изображения и звука.

Создание кино породило экранную культуру, как новый способ передачи информации, как новый выразительный язык – язык экрана. В период немого кино, демонстрация кинофильмов, которые сопровождались титрами и музыкой таперов, включали в свою знаковую систему языка различные

типы находящихся в движении двухмерных изображений и статичных объектов скульптуры. Намного более многоязычным стал звуковой экран, который предстал как соединение словесного, музыкального и шумового языков. Появление цветного и стерео кинофильмов еще больше обогатило экранный язык [1, с. 271].

Язык экрана имеет свою систему выразительных средств, изобразительно-звуковых сигналов, зафиксированных съемочной техникой, посылаемых на экран и считываемых с него, включающих и смысловую, и эмоциональную информацию. Из соотношения и взаимосвязи отдельных аудио и видео (звуковых и зрительных) элементов рождается изобразительно-звуковой образ.

Кино приучило нас манипулировать с пространством и временем, трансформировать реальность в движущиеся изображения. Кино подготовило нас к удобствам мира плоских (двухмерных) подвижных моделей.

Социально-модернизирующее значение телевидения в составе экранной культуры делает, по мнению Н.Б. Кирилловой, возможным существование семи его важнейших неспецифических функций: информативная, нормативно-ценностная, коммуникативная, развлекательная, креативная, интегративная и посредническая [2, с. 69-76].

Телевидение имеет свои определяющие особенности – пространственные и временные. Временные заключаются в длительности телевизионного продукта, в его прерывности, т.е. в различном сочетании реального и условного времени. Пространственные особенности – в их вездесущности, т.е. в практической возможности доставки на дом реципиенту аудиовизуальной информации.

Телевидение вызывает у реципиента эффект присутствия – сопричастности к событиям, которые часто наглядно передаются в режиме реального времени. Данное свойство телевидения обусловлено большой силой вовлечения реципиента в телевизионную передачу, как в нечто, ре-

ально происходящее с ним, имеющее личную значимость.

Препарируя реальность, телевидение создает некий образ, который зритель принимает за саму реальность. Эта способность телевидения делает его мощнейшим инструментом создания и разрушения мифов [2, с. 192].

Компьютерные технологии включают в себя все положительные моменты предшествующих ступеней развития экранной культуры. Однако, в отличие от кинокультуры и телекультуры, компьютер дает возможность увеличить степень свободы выбора информации, учитывает индивидуальные запросы пользователя и обеспечивает глобальное интеробщение. Цифровая среда позволяет имитировать несуществующие в реальности миры, создавая так называемую виртуальную реальность.

Органическую связь современной культуры с информационными технологиями подтверждают тенденции, которые проявляются в функционировании экранной культуры. В этом функционировании проявляются такие тенденции, как формирование нового типа общения – интерактивного, опосредованного и анонимного; сопричастность к восприятию и воспроизводству культурных артефактов; изменение образа мышления людей – слияние образного и логического; изменение структуре языка и в словарном запасе, реверсия и экзюция; массификация и демассификация; переход от письменной культуры к культуре аудиовизуальной; формирование виртуальной реальности; глобализация культуры.

Притягательная сила экранной культуры, заставляет реципиента или пользователя компьютерных технологий долгое время проводить возле экрана, тем самым изменяя стиль мышления и способы его выражения, т.е. язык.

Языковые изменения происходят под влиянием изменений технической базы экранной культуры, появляются новые слова и выражения, но сам по себе язык становится примитивнее и беднее.

Под влияние информатизации общества в экранной компьютерной культуре проявляются реверсия и экзюция.

Возрождение ряда ранее весьма значимых, но затем в значительной степени утративших свою роль психологических компонентов и способов общения обуславливает изменение – реверсия.

Противоположной тенденцией реверсии является экзюция. Экзюция заключается в отмирании ранее сформированных, но ставших впоследствии ненужными умений, навыков, форм и видов деятельности [1, с. 316]. Происходит обеднение и упрощение межличностного общения, эмоциональный язык сменяется рациональным, а межличностное общение заменяется анонимным.

Наличие в функционировании экранной культуры двух тенденций – массивификации и демассивификации, повлияло на изменение во взаимоотношении людей друг с другом и с обществом в целом. Доступность для людей многочисленных артефактов мировой культуры приводит к распространению массовых форм их жизнедеятельности.

В соответствии с запросами потребителя, современные информационные технологии позволяют получать индивидуальную информацию, а не массовую. Средства массовой информации становятся средствами индивидуальной информации.

Демассивификация экранной культуры лишает индивидуума реальной социальной адаптации, при этом повышает роль личностного и индивидуального начала.

Переход от письменной к экранной культуре начался вместе с её первыми проявлениями. Киноискусство постепенно проникало в культуру в виде учебных и научно-популярных кинофильмов.

Искусство телевидения усилило эту тенденцию, когда появились передачи, специально заменяющие учебную литературу по различным предметам. С помощью компьютерных технологий были созданы специальные программы, заменяющие многие книги и журналы.

Совершенствование экранной техники и создание на этой основе развитой системы изобразительно-выразительных средств оказало достаточно сильное воздействие на мышление человека, его видение мира, на его способности к творчеству посредством звукозрительных динамических образов.

Аудиовизуальный язык экрана синтезирует в себе и звучащую речь, и музыку, и пластику, и другие способы передачи информации [3, с. 191].

Общими свойствами экранной культуры являются: техногенность, фотографичность, аудиовизуальная образность, вездесущность и тиражность.

Отличительные свойства экранной культуры становятся очевидными с учетом коммуникативного фактора. Коммуникация – это акт общения, взаимосвязь между посланником экранного произведения и реципиента (пользователем) в процессе передачи аудиовизуального сообщения.

Кино предлагает зафиксированное прошлое, вызывая сопереживание, а следовательно и самоидентификацию зрителя с тем или иным персонажем, в результате рождается иллюзия настоящего времени.

Телевидение вошло в бытовую повседневность жизни человека, способностью продуцировать экранную образность в режиме настоящего времени (прямая трансляция).

Если кино и телевидение воздействуют на зрение и слух человека, то компьютерные технологии добавили к этому тактильность (способность осязать). Время обретает сиюминутность, за счет индивидуального коммуникативного потенциала со стороны реципиента-пользователя.

Вездесущность обусловлена одновременным взаимодействием многомиллионной аудитории с кино (иллюзорной реальностью), с телевидением (параллельной реальностью) и компьютерными технологиями (альтернативной реальностью).

Основным фактором дифференциации кино, телевидения и компьютерных технологий является степень интерактивности,

т.е. коммуникативной активности реципиента при восприятии экранных произведений. Интерактивность определяет возможность реципиента «проникать» в композиционную, повествовательную, структурную целостность произведения, а значит, трансформировать его образную модель.

Новые технологии привели к расширению сферы интерактивности. Взаимодействие реципиента-пользователя с произведением экранной культуры ярко выражено в познавательных и обучающих программах, а также в различных видах компьютерных игр. Создаются экранные произведения, где необходимо активное участие реципиента в развитие сюжета (корректирования сюжетной линии) или в выборе того или иного варианта финала.

Следует заметить, что сегодня экранная культура в своих возможностях влияния на сознание и поведение человека опережает все остальные виды искусства. Одним из аспектов влияния является манипуляция.

В книге С. Г. Кара-Мурзы «Манипуляция сознанием» предопределены формы и методы «манипуляции сознанием». Под этим термином автор понимает программирование мнений и устремлений отдельных лиц и масс, их настроений и даже психического состояния с целью обеспечить такое их поведение, которое нужно тем, кто владеет средствами манипуляции.

Манипуляция сознанием это взаимодействие. Индивидуум может стать жертвой манипуляции, когда он выступает как ее соучастник или соавтор. Если индивидуум под воздействием полученных сигналов перестраивает свои мнения, воззрения, настроения, цели — и начинает действовать по новой программе — манипуляция состоялась. Чтобы не стать жертвой, индивидуум должен усомниться и защитить свою духовную программу. Манипуляция является соблазном, а не насилием над индивидуумом. Каждому человеку дана свобода духа и свобода воли, у него есть ответственность, чтобы устоять и не впасть в соблазн. Один из надежных признаков того,

что в какой-то момент осуществляется программа манипуляции сознанием, состоит в том, что люди вдруг перестают внимать разумным доводам — они как будто желают быть одураченными [4, с. 14].

Выводы и направление дальнейших исследований. В поэтапном развитии экранной культуры охват реципиентов-пользователей идет от макрогрупп (культура кино) к микрогруппе (культура телевидения) и далее — к индивидуальному пользователю (компьютерные технологии). Экранная культура все более приспосабливается к удовлетворению запросов и учету интересов потребителей этой культуры. Степень свободы выбора зависит от ограничения этой свободы техникой и условиями пользования культурными феноменами (кино) к ограниченной свободе выбора в силу приближения времени сообщений к времени событий (телевидение), и далее — к свободе выбора информации в пределах мировой сети Internet. Возрастает степень виртуального общения между индивидуумами — интеробщение, которое отсутствует в культуре кино, ограничено в телевизионной культуре и приобретает глобальный характер в культуре компьютерной.

Характер взаимодействия творческих поисков авторов (создателей) экранной продукции и способствующей их решению технологической составляющей, меняет привычную парадигму экранных искусств.

Активное внедрение компьютерных технологий в процесс производства экранной продукции, от компьютерной обработки отснятого (записанного) материала до создания изображения и звука на компьютере, привело к конвергенции всех потоков аудиовизуальной информации и коммуникации.

Экранная культура мифологическими приемами конструирует реальность реципиента, «приручает» культуру с помощью новинок технического прогресса, формирует нужное для социума функционирование каждого потенциального потребителя продукции экранной культуры.

Библиографический список

1. Негодаев И. А. Информатизация культуры: монография / И. А. Негодаев. — Ростов-на-Дону : ЗАО «Книга», 2003. — 320 с.
2. Кириллова Н. Б. Медиакультура: от модерна к постмодерну / Н. Б. Кириллова. — 2-е изд.; перераб. и доп. — М. : Академический Проект, 2006. — 448 с.
3. Новые аудиовизуальные технологии / отв. ред. К. Э. Разлогов. — М. : Едиториал УРСС, 2005. — 488 с.
4. Кара-Мурза С. Г. Манипуляция сознанием / С. Г. Кара-Мурза. — М. : Эксмо: Алгоритм, 2000. — 864 с.

Рекомендована к печати д.филос.н., проф. ЛГАКИ им. М. Матусовського Патерыкиной В.В., к.филос.н., доц. ДонГТУ Сандыгой О.И.

Статья поступила в редакцию 19.11.15.

Симоненко Л.О. (ЛДАКМ ім. М. Матусовського, м. Луганськ, ЛНР)

ЭКРАННА КУЛЬТУРА У СУЧАСНОМУ ІНФОРМАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ

В сучасному світі культурно-утворюючим феноменом є екранна культура. Виникнувши в індустріальному суспільстві, ця культура повною мірою проявляє себе в процесі розвитку та становлення інформаційного суспільства. Екранна культура являє собою структурну систему таких взаємопов'язаних елементів, як кіно, телебачення та комп'ютерні технології. Основна системоутворююча ознака – це подання інформації у динамічному та аудіовізуальному вигляді.

Ключові слова: екранна культура, кіно, телебачення, комп'ютерні технології, екран, маніпуляція.

Simonenko L.O. (Matusovskyi Lugansk State Academy of Culture and Art, Lugansk, LPR)

SCREEN CULTURE IN PRESENT-DAY INFORMATION MEDIA

Nowadays screen culture displays a culture-forming phenomenon. After appearing in an industrial society this culture in full measure demonstrates itself during development and formation of information society. Screen culture is a structural system of such interrelated components as cinema, television and computer technologies. The main system-forming criterion is giving information in dynamic and audiovisual form.

Key words: screen culture, cinema, television, computer technologies, screen, manipulation.

СОДЕРЖАНИЕ

ГОРНЫЕ НАУКИ

Литвинский Г.Г. СЛОИСТОСТЬ И АНИЗОТРОПИЯ ПРОЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД.....	5
Литвинский Г.Г., Смекалин Е.С. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ НА ЭВМ.....	13
Рутковский Ю.А., Зинченко А.М., Рутковский А.Ю., Найчук В.В. РЕЗОНАНСНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВСАСЫВАЮЩИХ СИСТЕМ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ	23
Пронский Д.В., Палейчук Н.Н., Рыжикова О.А. О ВЛИЯНИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ КЛИВАЖА НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИЗАБОЙНОГО МАССИВА	29
Аверин Г.А., Ларченко В.Г., Корецкая Е.Г., Болотов А.П. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРВИЧНОГО И ПОСЛЕДУЮЩЕГО ШАГОВ ОБРУШЕНИЙ КРОВЛИ	36

МЕТАЛЛУРГИЯ

Новохатский А.М., Диментьев А.О., Блинов А.М., Михайлюк Г.Д. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВМЕСТИМОСТИ ГОРНА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ ДЛЯ НАКОПЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПЛАВКИ	43
Korobko T.B., Tokarev A.V. DETERMINING SHIFT RESISTANCE OF METAL CONSIDERING TEMPERATURE- AND-RATE CONDITIONS OF COLD ROLLING	47
Калюжный С.В. ТОКОПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ ВЕНТИЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД	53
Романчук А.Н., Романчук Я.А. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕДУВА КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКИ НА СОСТАВ МЕТАЛЛА И ШЛАКА И ЭКОНОМИКУ ПРОЦЕССА	59

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Псюк В.В., Голоднов А.И., Никишина И.А., Псюк М.Ю. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАСЧЕТ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	67
Хвортова М.Ю., Дрозд Г.Я., Буряк В.Г., Братчун В.И. ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ ЗАЩИТЫ ОТ БИОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ БЕТОННЫХ ТРУБ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ	74
Карапетян С.Х., Емец Е.В., Коняшкина О.А. ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВНЕЦЕНТРЕННО СЖАТЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ОДНОКРАТНЫХ И ПОВТОРНЫХ НАГРУЖЕНИЯХ	88

Фетисова М.А.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ ФОРМЫ ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ПРОГИБА ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ПЛАСТИНОК
С КОМБИНИРОВАННЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ93

МЕХАНИКА

Зелинский А.Н., Зинченко А.М., Денисова Н.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ПРИВОДА РЕВОЛЬВЕРНОГО
СУППОРТА ОДНОШПИНДЕЛЬНОГО ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО АВТОМАТА .99

Рубежанский В.И., Антропов И.И.

КОНВЕКТИВНЫЙ ПОГРАНИЧНЫЙ СЛОЙ МИКРОПОЛЯРНОЙ ЖИДКОСТИ ВОЗЛЕ
НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ СТЕНКИ104

Зинченко А.М., Кучма С.Н., Стародубов С.Ю.

ПРОФИЛИРОВАНИЕ РЕЗЬБОНАРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО
МЕТОДОМ КАСАНИЯ110

Левченко Э.П., Сомченко А.А., Матвейчук А.С.

СИНТЕЗ МОДЕЛИ НИЖНЕЙ КОНЕЧНОСТИ НА ОСНОВЕ БИОМЕХАТРОНИКИ
НОГИ ЧЕЛОВЕКА116

Долголаптев В.М., Козачишена Е.С.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАЙНИХ ЗНАЧЕНИЙ ПРОЧНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ
РЕЗУЛЬТАТОВ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ СТЕКЛА121

Левченко О.А., Матвейчук А.С., Сомченко А.А.

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РУКИ ЧЕЛОВЕКА ...124

Власенко Д.А., Левченко Э.П.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КУСКОВОЙ ИЗВЕСТИ В ДРОБИЛКАХ
УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ПОДВЕСА БИЛ130

Юрьев С.А.

ОСОБЕННОСТИ ТЕЧЕНИЯ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ВРАЩАЮЩИЙСЯ ПОРИСТЫЙ
ЦИЛИНДР.....136

ЭКОНОМИКА

Гришко Н.В., Фесик А.С.

МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ УПРАВЛІННЯ ВИТРАТАМИ
ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ145

Гришко Н.В., Калмыкова Е.Ю.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ РАСХОДАМИ
УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ154

Самкова Э.Р., Клецова Е.В.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ: ПОНЯТИЕ, ФАКТОРЫ, ВИДЫ159

Белозерцев О.В.

ФОРМИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЧЕСКИХ АЛЬТЕРНАТИВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ
НЕРЕНТАБЕЛЬНЫХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ165

Кунченко А.В., Попова Э.В., Григоренко Е.Л.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УЧЕТНОГО
ПРОЦЕССА КОНСЕРВАЦИИ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ.....174

Дьячкова В.В., Патутина А.В.	
ОСОБЕННОСТИ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	178
Куденко М.С.	
ОБЫЧНАЯ ЦЕНА В УСЛОВИЯХ ТРАНСФЕРТНОГО ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ	182

МЕНЕДЖМЕНТ

Припотень В.Ю., Рябенко Л.И., Шиков Н.Н.	
ЗНАЧИМОСТЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬЮ ТОВАРА	191
Ланговой В.А., Заречнев А.Н.	
НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ МОТИВАЦИИ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ	197

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Патерыкина В.В.	
«ИСПОВЕДЬ» Л.Н. ТОЛСТОГО О СМЫСЛЕ ЖИЗНИ, СМЕРТИ И ВЕЧНОСТИ	205
Мрачковская М.Н.	
КОММУНИКАТИВНОСТЬ В ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ	212
Симоненко Л.О.	
ЭКРАННАЯ КУЛЬТУРА В СОВРЕМЕННОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ	218