

УДК 622.647.1

д.т.н. Корнеев С.В.,
Доброногова В.Ю.,
Долгих В.П.,
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО НАТЯЖНОГО УСТРОЙСТВА ЗАБОЙНОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЙЕРА ПРИ СТОПОРЕНИИ ТЯГОВОГО ОРГАНА

Приведены результаты экспериментальных стендовых исследований защитных функций гидравлического натяжного устройства с телескопическим реиштакм забойного скребкового конвейера с гидродинамическим приводом при заклинивании тягового органа. Установлена эффективность защиты от экстренных перегрузок в сочетании с отключением приводного электродвигателя.

Ключевые слова: эксперимент, стенд, скребковый конвейер, гидравлическое натяжное устройство, заклинивание, перегрузки, оперативная защита, эффективность.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Одним из приоритетных направлений повышения нагрузок на очистной забой является создание надежного забойного оборудования и, прежде всего, забойных скребковых конвейеров, основным видом отказов которых являются порывы тягового органа (ТО) при его заклинивании, а в конвейерах с гидродинамическим приводом – также срабатывания гидромуфт (неполномочный отказ).

Профессор Сигалов Л. Н. [1] теоретически обосновал возможность защиты скребковых конвейеров от экстренных перегрузок, возникающих при заклинивании ТО, посредством гидравлических натяжных устройств (ГНУ) с узлом раздвижности, которые до настоящего времени применяются в основном только для монтажного натяжения ТО.

В работе [2] подтверждены выводы проф. Л. Н. Сигалова о снижении максимальных нагрузок в случае применения ГНУ до 13%, а также обосновывается эффективность системы оперативной защиты, в которой аварийное отключение приводных электродвигателей (ЭД) сочетается с работой ГНУ, ограничивающего нагрузки на заданном уровне.

Теоретически доказана способность ГНУ снизить до приемлемых значений

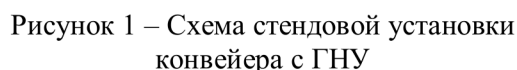
уровень нагрузок при обратном ударе, возникающем при заклинивании ТО на сбегающей ветви вблизи привода и защитном отключении двигателей или срабатывании гидромуфты [3].

Вместе с тем отсутствует какое-либо экспериментальное подтверждение работоспособности и эффективности ГНУ, наделенных защитными функциями.

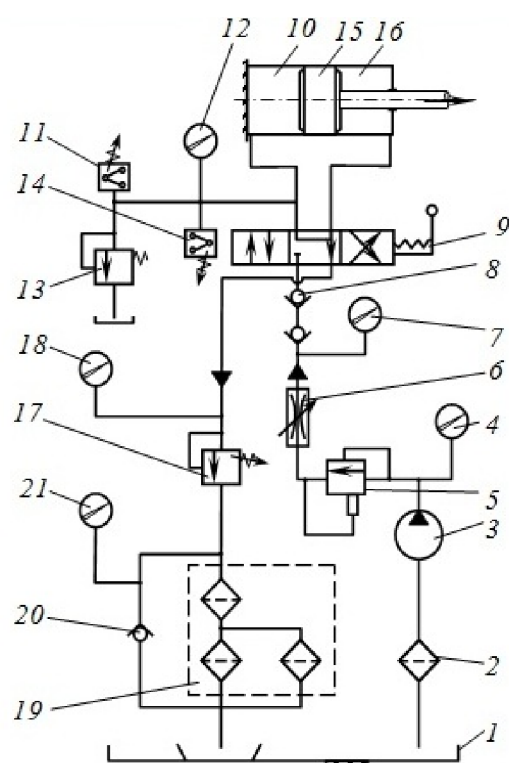
Постановка задачи. Задачей экспериментальных исследований является подтверждение эффективности многофункционального ГНУ в качестве компоненты системы оперативной защиты скребкового конвейера с гидродинамическим приводом от экстренных перегрузок.

Изложение материала и его результаты. Эффективность ГНУ оценивается в результате сопоставления нагрузок, возникающих в ТО конвейера, работающего с ГНУ, а также в ТО того же конвейера без ГНУ и без отключения ЭД.

Для проведения эксперимента оборудована стендовая установка, схема которой приведена на рисунке 1. Установка создана на базе конвейера СП63 и включает приводную станцию 1, тяговый орган 2, тензозвено 3, ГНУ 4, хвостовую станцию 6, датчик измерения скорости 7, стопорное устройство 8 и регистрирующую аппаратуру.



При прямом включении привода тяговое усилие от приводной звездочки 1 передается на верхнюю ветвь ТО 2, далее через измерительное тензозвено 3 на остальную часть ТО. После разгона двигателя ТО стопорится в точке А на обводной звездочке 6 посредством стопорного устройства 8. При пуске электродвигателей в обратном направлении тяговое усилие передается на нижнюю ветвь. Тяговый орган стопорится в точке А става верхней ветви. Измерительные тензозвенья находятся по обе стороны от стопора.



В состав ГНУ входят: маслбак 1; фильтр 2 грубой очистки 0,15 С42-12; плунжерный насос 3 Н400; два гидроцилиндра (ГЦ) с рабочей поршневой полостью 10, штоковой полостью 16 и поршнем 15; манометр 4 контроля давления рабочей жидкости на выходе из насоса; клапан предохранительный (ПК) 5 БГ54-24, ограничивающий максимальное давление на участке напорной магистрали между ПК и поршневыми полостями ГЦ; дроссель 6 с регулятором Г55-22, предназначенный для регулирования скорости перемещения штоков ГЦ; манометр 7 для контроля давления на выходе ПК 5; последовательно соединенные обратные клапаны 8 Г51-21; крановый гидрораспределитель 9 «ЭРА-1м» с тремя задействованными положениями. К поршневой полости ГЦ подсоединены: манометр 12 контроля давления в рабочей полости ГЦ; предохра-

тельный клапан 13 типа ВГ54-22 и гидрореле 14 ПГ62-11 для отключения электродвигателя. На сливной магистрали установлены: подпорный клапан 17, создающий противодействие в штоковой полости ГЦ для стабилизации сил трения, и контролирующий давление подпора манометр 18; каскад фильтров 19 средней очистки 0,12Г41-22 и тонкой очистки 0,08 С42-11; подпорный клапан 20, через который проходит поток рабочей жидкости (РЖ) при засоренных фильтрах, и манометр 21, контролирующий степень засоренности фильтров.

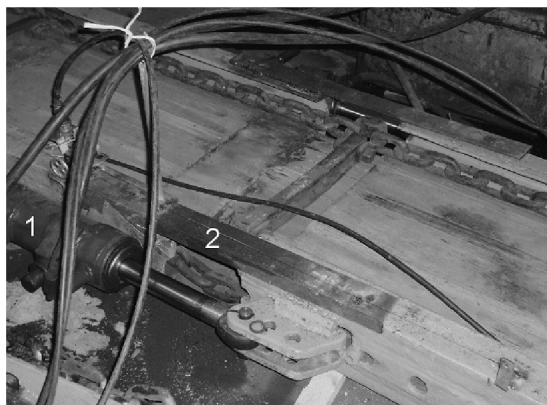
Предохранительный клапан БГ54-24 имеет следующие технические характеристики: номинальное значение давления настройки $p_{пк} - 6,3$ МПа, наименьшее рекомендуемое давление – 0,6 МПа, номинальный расход РЖ $Q_{пк} - 0,0013$ м³/с.

ГНУ работает следующим образом. Заливка насоса 3 осуществляется за счет разности уровней установки насоса и маслобака. После включения электродвигателя насоса 3 РЖ через ограничитель давления – клапан 5, дроссель 6, обратные клапаны 8, крановый распределитель 9 проходит в рабочую поршневую полость 10 ГЦ. После достижения заданного предварительного натяжения ТО конвейера насос 3 по сигналу от гидрореле 11 отключается, крановый распределитель 9 остается в положении «на проход». В то же время обратные клапаны 8 отсекают РЖ в рабочей полости 10 ГЦ. При повышении давления в рабочей полости 10 до значения, соответствующего заданному натяжению ТО, включается гидрореле давления 14, от микровыключателя которого поступает команда на автоматическое отключение двигателя конвейера.

Основным элементом стендовой установки является раздвижной рештак (рис. 3) с двумя ГЦ (диаметр и ход поршня, соответственно, 125 и 500 мм).

После подпитки рабочей полости ГЦ золотник гидрореле давления 11 через микровыключатель отключает двигатель насоса. Когда давление в рабочей полости

ГЦ достигнет верхнего допустимого предела, на который настроена пружина ПК 13, золотник в ПК подожмет пружину, пропуская часть РЖ из замкнутого контура на слив.



Обозначения: 1 – гидроцилиндры, 2 – рештак

Рисунок 3 – Раздвижной рештак ГНУ

От реле давления 14 поступает команда на отключение электродвигателя конвейера. Таким образом, ГНУ обеспечивает: 1) поддержание в автоматическом режиме давления в рабочей полости ГЦ и, соответственно, усилия натяжения ТО в заданных пределах; 2) защиту силовой системы конвейера от экстренных перегрузок.

Для регистрирования процесса стопорения ТО разработан комплект контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры. Измерялись величины, характеризующие динамические процессы в силовой системе конвейера при экстренном стопорении ТО, а именно: $\omega_{эд}$ и ω_2 – угловые скорости ЭД и второго вала редуктора; $\varphi_{эд}$ и φ_2 – угловые перемещения ЭД и второго вала редуктора; S – усилие, измеряемое тензометрической станцией; p_r – давление в гидроцилиндрах; l – выдвижение штоков гидроцилиндров; I_d , U_d – ток и напряжение питания ЭД; $x_{п.с}$ – перемещение приводной станции.

Варьировалось давление настройки предохранительного клапана от 2 до 5 МПа.

Размещение на стенде датчиков, контрольно-измерительной и регистрирующей

щей аппаратуры, телескопического решётка 13 с гидроцилиндрами и стопорного устройства 14 отражено на рисунке 4.

Тензозвенья 1 (ТЗ1 и ТЗ2) предназначены для измерения усилий натяжения ветвей ТО, расположенных по обе стороны от стопора, датчик продольного перемещения 4 (ДП) – для измерения линейного перемещения приводной станции, датчик давления 2 (ДД) – для измерения давления в гидравлической сети системы. Тахогенераторами 3 и 8 (ТГ1 и ТГ2) измеряются частоты вращения, соответственно, ротора приводного ЭД 7 и второго промежуточного вала редуктора 5, что позволяет регистрировать частоту вращения элементов привода конвейера при его пуске и опре-

делять текущее значение скольжения ГМ 6. С помощью трансформатора тока 15 (ТТ) измеряется ток, потребляемый ЭД. Тензоусилитель 9 (ТУ) преобразует сигнал, поступающий от тензозвена 1, до уровня, необходимого для работы осциллографа 12 (ФО). Сигналы с датчика перемещения 4, тахогенераторов 3 и 8, а также ток и напряжение питания ЭД подаются на осциллограф 12 через блок соединения 11 (БС). Автоматический фидерный выключатель АФВ и магнитный пускатель МП служат для защиты и оперативной коммутации силовой цепи питания ЭД. Электрическая схема коммутируется с помощью гибких кабелей 10.

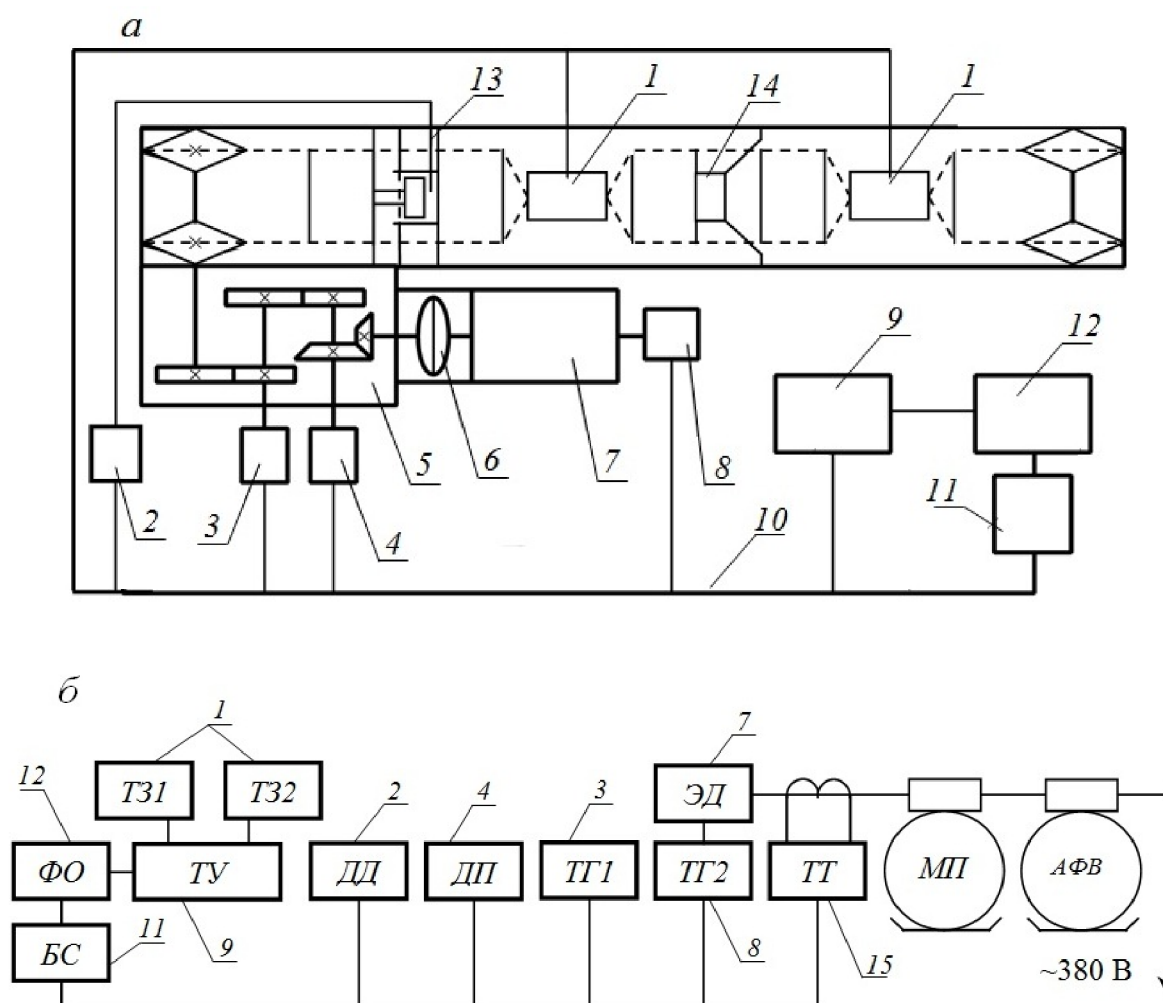


Рисунок 4 – Схема размещения на стенде (а) и коммутации (б) контрольно-измерительной и регистрирующей аппаратуры

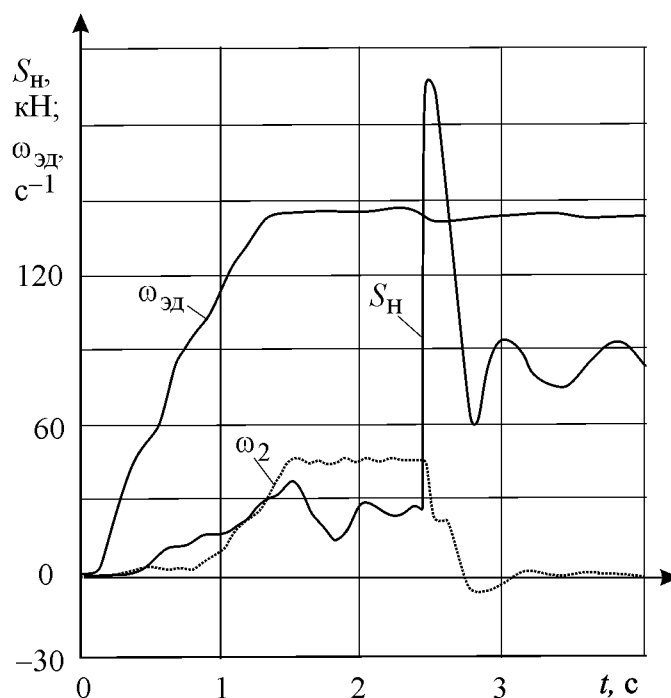


Рисунок 5 – Осциллограмма экстренного стопорения скребкового конвейера СП63 без участия ГНУ и без отключения ЭД

Типичные процессы нагружения при экстренном стопорении ТО отражены на рисунках 5-7.

Анализ результатов исследования пуска конвейера с последующим после выхода конвейера на режим установившегося движения ТО его экстренного стопорения, как при работе ГНУ, так и при его блокировании путем загробления предохранительного клапана, показал, что во всех случаях ЭД выходит на устойчивую часть механической характеристики. В рабочем режиме работы частота вращения ротора ЭД составляет $145...147\text{ с}^{-1}$, а его скольжение – $0,077...0,064$. Пуск, полностью в соответствии с теоретическими результатами исследований, проходит в штатном режиме, при котором динамические нагрузки, благодаря работе гидромуфты, незначительно, примерно в 1,2 раза, превышают нагрузки при установившемся движении. Напряжение на зажимах обмотки статора $U_{\text{д}}$ при пуске снижается до $315...355\text{ В}$, а при установившемся движении устанавливается на уровне

$365...395\text{ В}$. Значения тока статора ЭД $I_{\text{д}}$ при пуске находятся в пределах $325...415\text{ А}$, при установившемся движении – в пределах $185...230\text{ А}$.

На рисунке 5 представлен фрагмент типичной осциллограммы, на которой отражен динамический процесс экстренного стопорения ТО ($l_{\text{ст}}=18,2\text{ м}$) при заблокированном ГНУ. На 2-й секунде наблюдается резкое возрастание усилия в набегающей ветви $S_{\text{н}}$ до 192 кН . Гидромуфты в приводе не в состоянии полностью предотвратить динамические нагрузки в силовой системе. Затем, в течение 1 с , отмечаются непродолжительные с периодом $0,6\text{ с}$ затухающие колебания системы и, наконец, ее остановка. Усилие натяжения устанавливается на уровне 82 кН , что отвечает максимальному крутящему моменту, передаваемому гидромуфтой при заторможенном турбинном колесе. В данном случае натяжение, соответствующее работе муфты ТП32 при застопоренном тяговом органе, т.е. в режиме работы привода на упор, в 2,3 раза меньше максимального

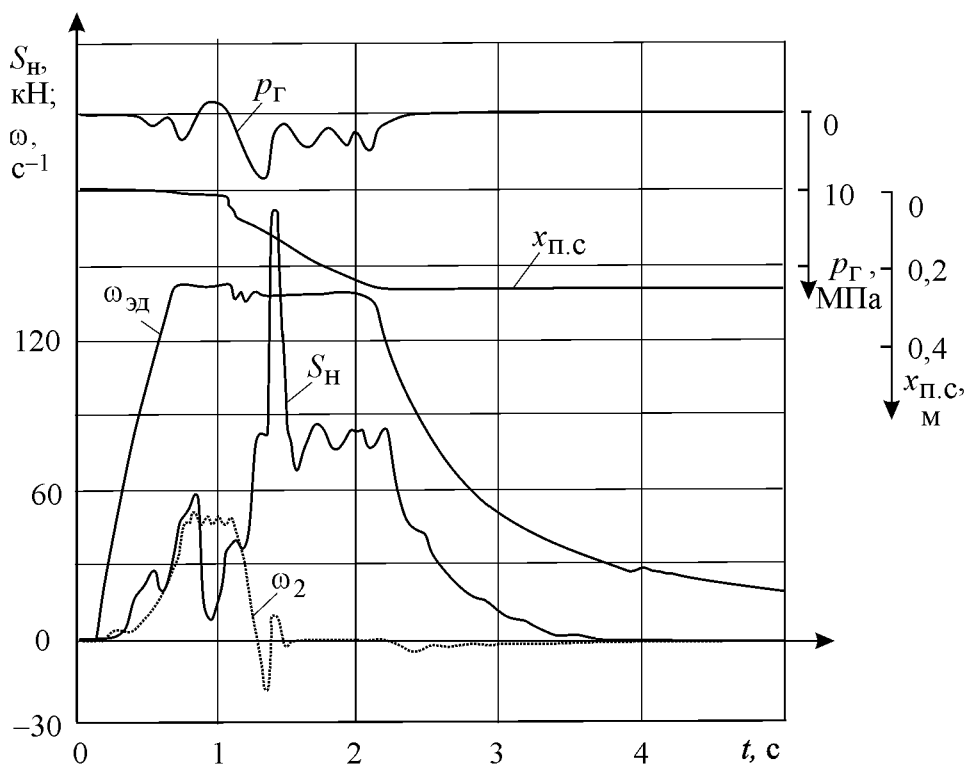


Рисунок 6 – Осциллограмма экстренного стопорения скребкового конвейера СП63 с ГНУ при $p_{п.к.} = 3$ МПа

натяжения. Такое соотношение усилий характерно для муфты ТП32, в которой при выведении части рабочей жидкости из рабочей полости в камеру сброса наблюдаются «провалы» крутящего момента. Для современных муфт (ГПЭ400 и др.), в которых предусматриваются конструктивные элементы (порог, лопастное колесо на насосном колесе), снижающие интенсивность слива рабочей жидкости в пусковую камеру, такого значительного падения крутящего момента и, соответственно, натяжения ТО не предполагается.

Аналогичные диаграммы, полученные при тех же условиях и настройке предохранительного клапана на 3 МПа и номинальном расходе РЖ $0,0013 \text{ м}^3/\text{с}$, представлены на рисунке 6.

В начале процесса заклинивания при сработавшем ПК наблюдается резкое кратковременное возрастание давления в ГЦ до 7 МПа, а затем снижение практически до

3 МПа. Максимальное значение усилия натяжения $S_{H \max}$ достигает 170 кН, что, благодаря применению ГНУ, на 12...14 % меньше, чем в предыдущем случае. При последующей работе привода на упор S_H также устанавливается на уровне 82 кН. Чем больше давление настройки предохранительного клапана $p_{пк}$ при данном $Q_{пк}$, тем меньше нагрузки по величине отличаются от нагрузок базового варианта (без ГНУ).

Несмотря на значительную массу приводной станции, ее перемещение, практически с постоянной скоростью 0,5 м/с, начинается сразу же после срабатывания ПК, что подтверждает теоретические выводы о достаточном быстродействии оперативной защиты посредством ГНУ и ее безопасности для обслуживающего персонала.

Теоретические исследования показали, что в случае применения современных ГМ по исчерпанию хода гидроцилиндров ГНУ возможно появление второго пика нагрузок,

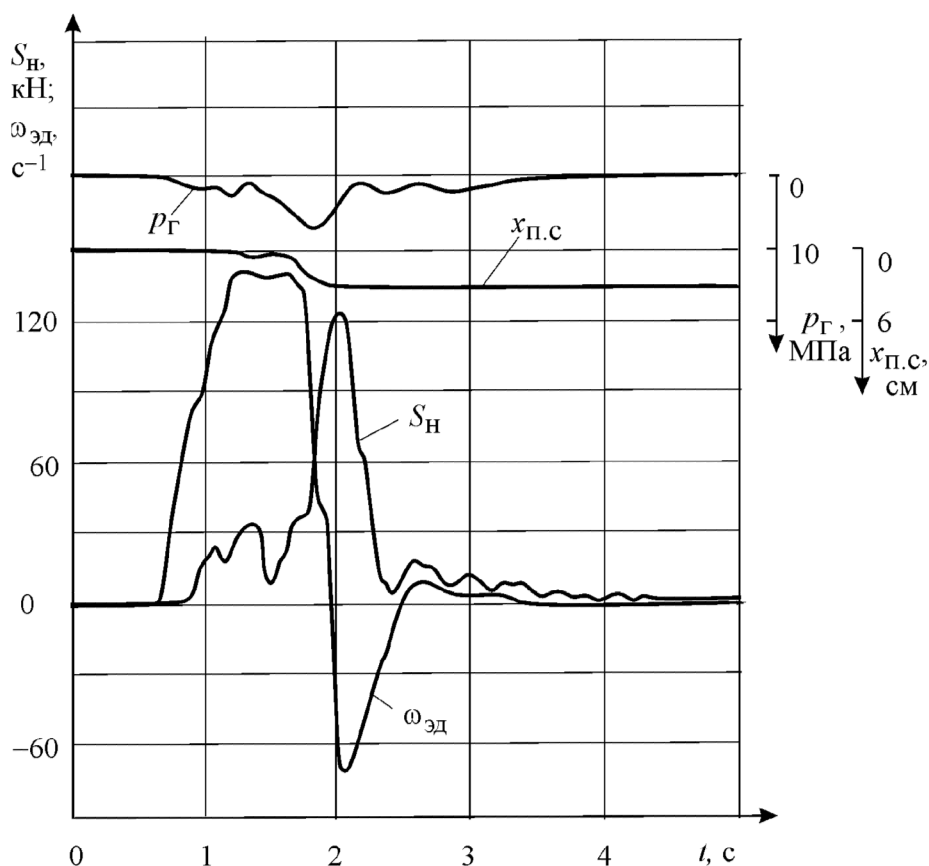


Рисунок 7 – Осциллограмма экстренного стопорения скребкового конвейера СП63 с ГНУ при $p_{п.к} = 3$ МПа и отключении ЭД

причем при определенном сочетании $p_{пк}$ и $Q_{пк}$ значения нагрузок могут превысить нагрузки, соответствующие первому пику. Поступательное движение привода при срабатывании ПК и работающем ЭД позволяет отсрочить появление второго пика нагрузок в ТО, но не исключает его появление, а также срабатывание тепловой защиты муфты.

Своевременное, сразу же после срабатывания ПК, по сигналу от реле давления, отключение ЭД позволяет устранить отмеченные недостатки защиты и снизить уровень $S_{H \max}$ до 132 кН (рис. 7). Настройка реле на давление, незначительно превышающее $p_{п.к}$, исключает ложные, до срабатывания ПК, отключения ЭД. Отключение ЭД в сочетании с работой ГНУ, т.е. комплексная защита от экстренных перегрузок, позволяет снизить нагрузки в 1,45 раз.

Для подтверждения возможности возникновения обратного удара предусматривалась работа конвейера в реверсном режиме при заблокированном ГНУ. Стопор устанавливался, по возможности, ближе к приводной станции, во избежание наезда на него тензометрической станции – на расстоянии 6 м от приводной станции, тензометрические станции – по обе стороны от стопора (рис. 1, б). После стопорения конвейера максимальное усилие в набегающей ветви достигло 118,4 кН. При этом на сбегающей ветви при первоначальном натяжении, равном нулю, наблюдается провисание цепи. При отключении ЭД усилие натяжения сбегающей ветви при резком перемещении ТО в направлении набегающей ветви достигает 57,2 кН, что подтверждает возможность возникновения обратного удара. В случае применения ГНУ ударные нагрузки в сбегающей ветви не наблюдались.

Теоретические зависимости, полученные в результате компьютерного моделирования, практически совпадают с экспериментальными кривыми.

Итак, в ходе эксперимента установлено, что ГНУ может служить важным элементом системы комплексной оперативной защиты ССК от экстренных перегрузок.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Экспериментальные исследования подтвердили работоспособность гидравлических натяжных устройств, применяемых в сочетании с отключением приводного двигателя после срабатывания предохранитель-

ного клапана, являющегося атрибутом гидравлического натяжного устройства, в качестве компоненты системы оперативной защиты конвейера от экстренных перегрузок в наиболее тяжелых режимах заклинивания как набегающей, так и сбегающей ветви тягового органа вблизи привода.

Получило экспериментальное подтверждение явление обратного удара в сбегающей с привода ветви тягового органа при ее стопорении вблизи привода и защитном отключении ЭД, а также факт существенного снижения или исключения обратного удара в случае применения ГНУ.

Библиографический список

1. Сигалов Л.Н. Гидравлическое устройство защиты привода скребкового конвейера / Л.Н. Сигалов // Разработка месторождений полезных ископаемых. — К. : Техника, 1987. — Вып. 78. — С. 43–49.
2. Корнеев С.В. Моделирование экстренных перегрузок забойных скребковых конвейеров с гидродинамическим приводом и гидравлическими натяжными устройствами / С.В. Корнеев, В.И. Сафонов, В.Ю. Доброногова // Сб. науч. тр. ДонГТУ. — Алчевск : ИПЦ Ладо, 2012. — Вып. 36. — С. 35–43.
3. Корнеев С.В. Ударные нагрузки в тяговом органе забойного скребкового конвейера с гидродинамическим приводом / С.В. Корнеев, В.И. Сафонов, В.Ю. Доброногова. — Уголь Украины, №12, 2012. — С. 16–19.

Рекомендована к печати зав. каф. ПГМ ДонГТУ, к.т.н., доц. Чебаном В.Г., зав. каф. ГЭМиТС ЛГУ им. Даля, к.т.н., доц. Петровым А.Г.

Статья поступила в редакцию 06.05.16.

д.т.н. Корнеев С.В., Доброногова В.Ю., Долгих В.П. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО НАТЯЖНОГО ПРИСТРОЮ ВИБІЙНОГО СКРЕБКОВОГО КОНВЕЄРА ПРИ СТОПОРІННІ ТЯГОВОГО ОРГАНУ

Наведено результати експериментальних стендових досліджень захисних функцій гідралічного натяжного пристрою з телескопічним риштаком вибійного скребкового конвеєра з гідродинамічним приводом при заклиненні тягового органу. Встановлено ефективність захисту від екстрених перевантажень у поєднанні з відключенням приводного електродвигуна.

Ключові слова: експеримент, стенд, скребковий конвеєр, гідралічний натяжний пристрій, заклинення, перевантаження, оперативний захист, ефективність.

Dr.Sci.Tech. Korneiev S.V., Dobronogova V.Yu., Dolgykh V.P. (DonSTU, Alchevsk, LPR)

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF HYDRAULIC TIGHTENER OF ARMED FACE CONVEYOR AT CHAIN BARRING

The results of experimental bench researches on protective functions of hydraulic tightener with telescopic extension unit of armed face conveyor with hydrodynamic drive at chain barring are given in the paper. Efficiency of protecting from emergency overload with simultaneous drive motor cut-off has been determined.

Key words: experiment, bench, armored conveyor, hydraulic tightener, barring, overloads, operating protection, efficiency.