

**ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИАГРАММЫ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА И ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ГРУЗА НА ДИНАМИКУ СИСТЕМЫ «СОСУД-АРМИРОВКА» ШАХТНЫХ СТВОЛОВ**

У статті представлені результати аналізу діаграм швидкості роботи підйомних машин в діючих стовбурах. Розглянута задача про спільний вплив горизонтального зміщення центру мас вантажу в підйомній посудині та закону зміни окружної швидкості барабана підйомної машини на динамічні навантаження в системі «посудина-армування». Показано, що коливання посудини носять хаотичний характер, на перехідних ділянках діаграми швидкості зміщення центру мас системи «посудина - вантаж» від вертикальної осі головного каната є домінуючим чинником, що викликає зростання динамічних навантажень на армування, використання згладжених діаграм швидкості дозволяє суттєво знизити контактні навантаження на армування.

**COMMON EFFECT OF LIFTING VELOCITY CURVES FORM AND LOCATION SHIPMENT IN VESSELS ON REINFORCEMENT DYNAMIC LOADS IN MINING SHAFTS**

In this paper we show the results of the analysis charts the speed of the winders in the existing trunks. Consider the problem of the joint effect of the horizontal displacement of center of mass of the cargo vessel and a lifting of the law changes the peripheral speed of the drum hoist on the dynamic load on the system "vessel-reinforcement." Shown that the fluctuations are chaotic in nature. In transitional areas a chart speed of displacement of center of mass system "vessel - cargo" from the vertical axis of the main cable is the dominant factor causing the growth of dynamic loads on the reinforcement. Use smoothed chart speed can significantly reduce the contact pressure on reinforcement.

**Состояние вопроса**

Традиционно сложилось в практике работы отечественных горнодобывающих предприятий, что в зоне ответственности службы главного механика находится большое количество единиц механического оборудования, обеспечение бесперебойной работы которого требует постоянного внимания и значительного количества ежесуточных ремонтных работ. Выход из строя какого-либо механического узла требует немедленной мобилизации ресурсов практически всей механической службы шахты не зависимо от времени суток.

Одновременно с этим службы главного маркшейдера, главного энергетика (если только поломка не требует при ликвидации маркшейдерского сопровождения или не затрагивает работу электрического оборудования) находятся как бы в стороне от ее устранения и, как правило, от выявления первопричин, которые часто являются очевидными только на первый взгляд, поскольку при их поиске не учитывается систематичность и длительность негативных воздействий на отдельные узлы механического оборудования, вызванных неблагоприятными сочетаниями геометрических параметров и/или особенностями работы энергетического оборудования подъемной установки.

Можно привести несколько примеров такого «не очевидного» для служб эксплуатации влияния «немеханических» параметров на работоспособность узлов *механического* оборудования шахтных подъемных комплексов.

1. Правилами безопасности (даже в самых последних вариантах издания для рудных и угольных стволов) на стадии эксплуатации не регламентируются допуски на абсолютные отклонения от вертикали проводников жесткой армировки. «Инструкция по производству маркшейдерских работ» 1987 г. регламентирует предельно допустимое отклонение проводников от вертикали 10 мм на длине равной шагу армировки только на стадии строительства. Ее требования не распространяются в законодательном порядке на стадию эксплуатации.

Общеизвестно, что большие местные искривления профиля проводников (*геометрический* параметр) являются основным источником возникновения ударно-циклического динамического воздействия сосудов на проводники с повышенным уровнем контактных нагрузок, преждевременного износа и разрушения проводников на локальных участках ствола, узлов их крепления к расстрелам (*механическое* оборудование).

Не нарушая требований «Инструкции...» можно для одного отделения ствола с двумя нитками проводников выстроить такой профиль, что в боковом направлении один проводник будет на протяжении 10 ярусов отклоняться на 10 мм в одну сторону, а другой - на 10 мм в противоположную. Затем, на протяжении 10 последующих ярусов направление отклонения изменить на обратное. В результате двумя проводниками будет образована локальная спиралеобразная поверхность, въезжая на которую (а также, выезжая с которой) на скорости 10-14 м/с груженный сосуд войдет в ударно-колебательный режим взаимодействия с проводниками со значительными динамическими перегрузками. При этом доминировать будут достаточно высокочастотные угловые колебания сосуда вокруг вертикальной оси.

2. Резкий излом диаграммы окружной скорости барабана подъемной машины (*энергетическое* оборудование) приводит к возбуждению вертикальных и горизонтальных колебаний подъемного сосуда на упругом канате и ударам по проводникам на локальных участках ствола, перегрузке сечений головного каната и подвесного устройства. Их систематическое повторение от цикла к циклу также приводит к ускоренному разрушению проводников, проволок каната, узлов подвесных устройств (*механическое* оборудование).

3. Колебания окружной скорости барабана подъемной машины (*энергетическое* оборудование), вызванные работой электропривода, создают циклическое воздействие на верхний конец каната и возбуждают вынужденные вертикальные колебания сосуда с возможностью попадания в локальную зону резонанса, при котором происходит сверхнормативная циклическая перегрузка подвесного устройства и каната (*механическое* оборудование) и преждевременное истощение его предела циклической долговечности и чрезмерное кратковременное ослабление натяжения каната, приводящее к ложному срабатыванию механических парашютов и зависанию клетки на тормозных канатах (*механическое* оборудование).

Приведенные примеры говорят о том, что при эксплуатации ствола, содержащего участки с локальными искривлениями профиля проводников, необходимо тщательное научно обоснованное согласование выбора диаграммы скорости движения сосудов по искривленным участкам, (обеспечивается соответствующей настройкой системы управления приводом (*энергетические* параметры) подъемного комплекса) с параметрами профиля проводников (*геометрические* параметры), возможного эксцентриситета груза в сосуде, параметров направляющих, инерционных параметров сосуда (*механические* параметры) для обеспечения приемлемого уровня риска по критерию «запасы прочности армировки» (параметры *безопасности*).

Подъемный сосуд шахтной подъемной установки (скип, клеть) является ее главным рабочим органом. Безопасность и эффективность его работы в заданном технологическом режиме обеспечивается всеми технологическими механизмами и оборудованием ШПУ. Вспомогательным рабочим органом, который одновременно со скипом или клетью находится под управляющим воздействием со стороны технологических звеньев ШПУ, является контрвес основного сосуда в двухконцевой подъемной установке. Авария с любым из этих сосудов надолго блокирует работу всего стволового подъемного комплекса и зависящей от него части горнодобывающего предприятия.

Режим работы любого подъемного сосуда является динамическим. Его исследование наиболее эффективно на основе анализа экспериментальных данных, полученных в промышленных условиях с использованием специализированной измерительной аппаратуры и современных методов математического и численного анализа [1, 2, 3].

Сосуд представляет собой массивное объемное тело. Его вертикальный размер может достигать 10-20 м. Сосуд движется по стволу за счет силы натяжения упругого каната (нескольких канатов в многоканатных ШПУ), который перематывается через ведущий барабан по определенному закону (диаграмме скорости), и взаимодействует по 5-ти степеням свободы через систему упругих (или жестких) направляющих с парой (или 2-мя парами) упругих проводников, дискретно опирающихся на расстрелы армировки, установленные с определенным шагом (переменным в некоторых случаях) по глубине ствола. Сосуд движется в стесненных условиях с максимально допустимыми по ЕПБ кинематическим зазорами между жесткими предохранительными башмаками и проводниками 23 мм на сторону. При этом характерной особенностью данной механической системы является то, что опорная жесткость упругих проводников может быть в 10..100 раз больше жесткости роликовых направляющих устройств сосуда. Это предопределяет ступенчатый характер опорной жесткости направляющих сосуда.

Практика эксплуатации показывает, что максимальный уровень контактных нагрузок в системе «сосуд-армировка» растет с увеличением вертикальной скорости движения сосуда по стволу. В силу этого на предприятиях при наличии видимых проблем с армировкой интуитивно снижают скорость подъема или массу груза, чтобы снизить уровень контактных нагрузок на армировку до безопасного уровня.

На первоначальных стадиях эксплуатации новых стволов безопасность обеспечивалась за счет очень значительных проектных запасов прочности металлоконструкций, с расчетом на новую неизношенную армировку, при соблюдении условий исключения параметрических резонансных режимов и сверхнормативных искривлений проводников.

В настоящее время, в силу доминирования фактора сверхвысокого износа подъемного оборудования и искривления осей стволов в зонах сдвига горных пород, проблема раскрытия качественных и количественных характеристик динамического взаимодействия подъемных сосудов с армировкой становится необычайно актуальной с практической точки зрения и требует разработки новых теоретических решений по выявлению закономерностей протекания динамических процессов в системах «сосуд-армировка».

### Материалы и результаты исследований

Шахтный подъемный сосуд (скип, клеть) представляет собой твердое тело с шестью степенями свободы, подвешенное на упругом канате и опирающееся через систему упругих направляющих устройств с кинематическими зазорами на несколько пространственно искривленных проводников. Его центр масс из-за неоднородности засыпанного груза или погрешностей в расположении жестких башмаков скольжения всегда имеет некоторое горизонтальное смещение от вертикальной оси головного каната (или центра подвеса для многоканатных установок). Это создает момент пары сил «натяжение каната - сила веса груза», который наклоняет сосуд в вертикальной плоскости и уравнивается моментом сил реакции упругих направляющих. На рис. 1 приведена схема системы «сосуд - канат - армировка» с двухсторонним расположением проводников при смещении центра масс от вертикальной оси каната в лобовой плоскости. Для боковой плоскости картина аналогична.

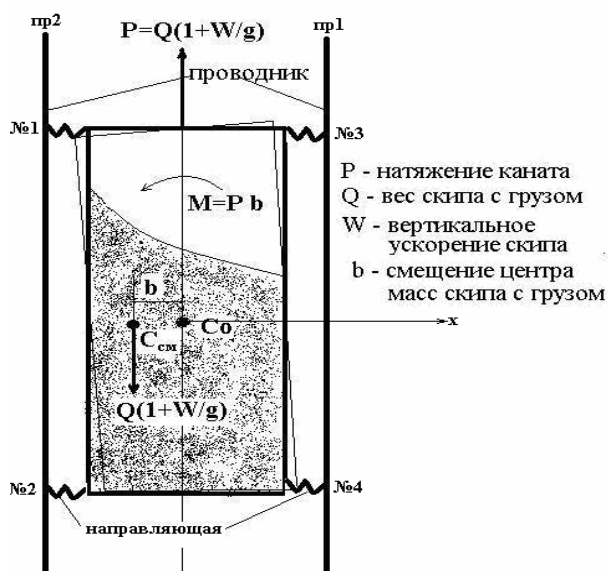


Рис. 1. Расчетная схема взаимодействия скипа с армировкой в лобовой плоскости при смещении центра масс груза.

В этих условиях любые резкие изменения окружной скорости барабана неизбежно возбуждают гармонические вертикальные колебания сосуда на фоне его стационарного монотонного движения по стволу с вертикальным ускорени-

ем *W*. Вертикальные колебания сосуда возбуждают горизонтальные угловые колебания вокруг его главных осей инерции, сопровождающиеся повышенными контактными нагрузками на армировку, не связанными с кривизной проводников.

Это значит, что именно диаграмма скорости вращения барабана подъемной машины и неоднородность загрузки сосуда могут являться источником непроектного нагружения армировки на фиксированных участках ствола. То есть закон вертикального движения сосуда, задание которого определяется без учета указанных факторов, при прочих равных условиях, оказывает определяющее влияние на уровень и характер горизонтальных динамических нагрузок в системе «сосуд-армировка». Это касается и скиповых и клетевых подъемных установок, причем на клетевых подъемах эксцентриситет расположения центра масс может иметь гораздо большую величину, чем на скиповых при спуске/подъеме негабаритного груза.

Этот процесс легко обнаружить на участках изломов традиционной пятипериодной диаграммы скорости при аппаратурных динамических измерениях в стволе [2, 4, 5]. Повторяясь от цикла к циклу в течение 200-300 раз за рабочий день такие всплески горизонтальных нагрузок способствуют ускоренному истиранию проводников на этих участках, расшатыванию узлов крепления, что может являться главной причиной их спонтанного разрушения.

Кроме того, известно, что при кратных соотношениях частот вертикальных и собственных угловых колебаний сосуда с упругими направляющими возникает явление параметрической неустойчивости в системе «сосуд-армировка» [6], которое особенно сильно проявляется при срабатывании предохранительного тормоза, вызывая рост горизонтальных колебаний сосуда с ударами по жестким проводникам и повышенными деформациями гибкой армировки [7].

На протяжении рабочего цикла диаграмма вертикальной скорости имеет два физических механизма влияния на горизонтальные колебания сосуда:

- через формирование закона горизонтальных возмущений от искривленных профилей проводников, амплитудно-частотная характеристика которых на локальном участке напрямую определяется мгновенной вертикальной скоростью сосуда;

- через натяжение упругого каната, колебания которого вызваны рывками окружной скорости барабана подъемной машины, и, в силу суперпозиции периодического смещения точки подвеса сосуда от вертикали и постоянного на цикле подъема эксцентриситета груза в сосуде, создают периодическую составляющую в функции момента силы натяжения каната, раскачивающего сосуд по угловым степеням свободы в лобовой и боковой плоскостях.

При горизонтальном смещении груза в скипе происходит наклон сосуда в вертикальной плоскости и поджатие диагонально расположенных башмаков верхнего и нижнего поясов к проводникам (снижение кинематических зазоров), соответственно другая пара башмаков оказывается в состоянии увеличения зазоров. В зависимости от жесткости пружин роликов перекося может достичь такого состояния, когда башмаки начнут контактировать с проводниками даже в статическом положении сосуда, а при подъеме начнут скользить по ним, от-

слеживая все изломы профиля. При этом сжатые пружины роликов у прижатых башмаков уже не будут оказывать никакого амортизирующего воздействия на систему, которая будет испытывать жесткий ударный режим взаимодействия.

Чем больше жесткость роликоопор, тем больше допустимое смещение груза при неизменном базовом кинематическом зазоре в паре «башмак-проводник». При малом зазоре требуется большее значение жесткости ролика для удержания системы в бесконтактном состоянии. Но при этом повышение жесткости роликоопоры приводит к повышению собственных частот горизонтальных колебаний системы и увеличивает вероятность попадания в резонансную область возбуждений со стороны регулярно искривленных проводников при высокой скорости подъема.

Это значит, что при одном и том же вертикальном возбуждении, вызванном диаграммой скорости подъемной машины, проявляется суперпозиция четырех факторов, связанных с параметрами системы «канат - груз - сосуд - направляющие» (смещение груза, резонансное сочетание величин жесткостей каната и упругих направляющих, контактное прижатие башмаков к проводникам, базовый кинематический зазор), которые могут суммировать и усиливать свои негативные воздействия на динамику системы на переходных участках (кумулятивный эффект). Из этого следует, что для каждой системы «сосуд-армировка» с фиксированным значением жесткости роликовых направляющих существует свое предельно допустимое смещение груза от вертикали, до превышения которого роликовые направляющие еще могут оказывать стабилизирующее влияние на движение системы, а выше которого их влияние становится несущественным.

Это говорит о сложности выбора рациональных параметров системы «сосуд-армировка» в условиях длительной эксплуатации и необходимости решения задачи для условий конкретного грузоподъемного отделения.

В реальных системах «сосуд-армировка» всегда присутствует гарантированный кинематический зазор между рабочими поверхностями предохранительных башмаков скольжения и проводников для исключения затирания и заклинивания сосуда.

В этом случае при соударении башмака с наклоненным проводником возможны три варианта взаимодействия:

- башмак наезжает на уклон набегающего на него проводника,
- башмак съезжает с уклона уходящего от него проводника,
- башмак контактирует с вертикальным неподвижным отрезком проводника.

Соотношение скоростей до и после удара определяется знаком угла наклона проводника к вертикали и соответствует трем вариантам, которые можно определить как:

- башмак и проводник имеют мгновенные горизонтальные скорости противоположного знака, в этом случае после удара скорость башмака будет больше скорости в момент начала контакта;

- башмак и проводник имеют мгновенные горизонтальные скорости одного знака, в этом случае после удара скорость башмака будет меньше скорости в

момент начала контакта (см. например, работу [8], качественно задача эквивалентна задаче об ударе двух движущихся тел);

- проводник имеет нулевую горизонтальную скорость, в этом случае скорость башмака после удара будет равна скорости в момент контакта (если принять коэффициент восстановления равным единице);

По длине трассы движения скипа участки проводников с уклонами разных знаков чередуются между собой. Минимальная длина участка с уклоном одного знака равна шагу армировки, максимальная на протяженных участках сдвигения горных пород может достигать 10-30 шагов армировки. Во втором случае на протяженный участок уклона одного знака большой амплитуды может накладываться серия коротких участков с меньшими амплитудами знакопеременных отклонений (рис.5).

Так как скорость перемещения точек твердого тела определяет его кинетическую энергию, то взаимодействие башмака с набегающим участком проводника увеличивает кинетическую энергию скипа.

При движении по стволу сосуд совершает горизонтальные колебания в пределах кинематического зазора с частотами, определяемыми жесткостью пружин системы направляющих роликоопор. Как показали исследования, эта частота лежит в пределах 0,5...2,5 Гц [2]. Частота смены знака уклона проводника в течение цикла подъема может меняться в пределах от 0 до 8-10 Гц. В этих условиях фаза встречи башмака и проводника очень сильно зависит от начальных условий в момент подхода сосуда к характерному участку армировки, мгновенного значения кинематического зазора по каждой грани каждого башмака, диаграммы скорости подъема, массы груженого сосуда.

Любой из указанных параметров может в малой степени, но непредсказуемым образом, меняться от одного цикла подъема к другому. Так же будут меняться и фазы встречи башмака с проводником на одних и тех же участках ствола.

В одном случае башмак, проходя мимо участка проводника с набегающим уклоном, будет в своем горизонтальном движении приближаться к нему с максимальной скоростью, в другом его скорость будет направлена в противоположном направлении и он столкнется с поверхностью уходящего от него противоположного проводника (в лобовой плоскости) или уходящей от него противоположной грани этого же проводника (в боковой).

При скорости 10 м/с и шаге армировки 2,5-4 м сосуд проходит участок между ярусами, имеющий постоянное значение уклона, за 0,25-0,4 сек. С таким периодом знак и угол уклона, характер взаимодействия проводника с башмаком существенно меняются. При частоте горизонтальных колебаний сосуда порядка 1-2 Гц за один период колебаний (время между двумя потенциально возможными соударениями) он проходит по стволу 5-10 м мимо нескольких пролетов ярусов армировки и попадает в течение одного периода колебаний на участки с различными параметрами профиля. Естественно, что при малых различиях в скорости, нагрузке и других исходных параметрах процесса относительная скорость соударения поверхностей башмака и проводника будет изменяться очень

существенно, как и глубинная координата точки контакта с каждым из проводников.

Следует так же учесть, что на сосуде установлено 12 направляющих, которые взаимодействуют с рабочими поверхностями своих проводников в разных точках и в разные моменты времени. Поэтому картины распределения контактов между направляющими и контактными усилиями в этих случаях так же будут значительно различаться между собой от цикла к циклу на одних и тех же пролетах армировки. Такая картина взаимодействия скипов с армировкой постоянно фиксируется при аппаратурных динамических испытаниях в промышленных условиях.

В работе [4] приведены экспериментальные данные, которые показывают, что при ручном управлении подъемной машиной нестабильность поддержания максимальной скорости на основном участке ствола приводит к такому же росту динамических нагрузок на армировку, что и на переходных участках диаграммы в начале и конце ствола, а в работе [5] приведены результаты экспериментальных исследований деформации рамы скипа при изменении рабочей диаграммы скорости подъема. Такие ситуации происходят в силу описанных выше явлений и значительного влияния малых различий во внешних возмущениях и начальных условиях на поведение сосуда на отдельных участках армировки.

Если случайно участок возбуждения (при торможении или изломе диаграммы на рабочем цикле) совпадает с участком повышенного коррозионного износа проводников или расстрелов в стволе, то неожиданно ускоренное разрушение армировки с потенциально аварийными последствиями может оказаться практически неизбежным, а при систематическом повторении от цикла к циклу вызовет ускоренный усталостный износ рамы сосуда и ее разрушение.

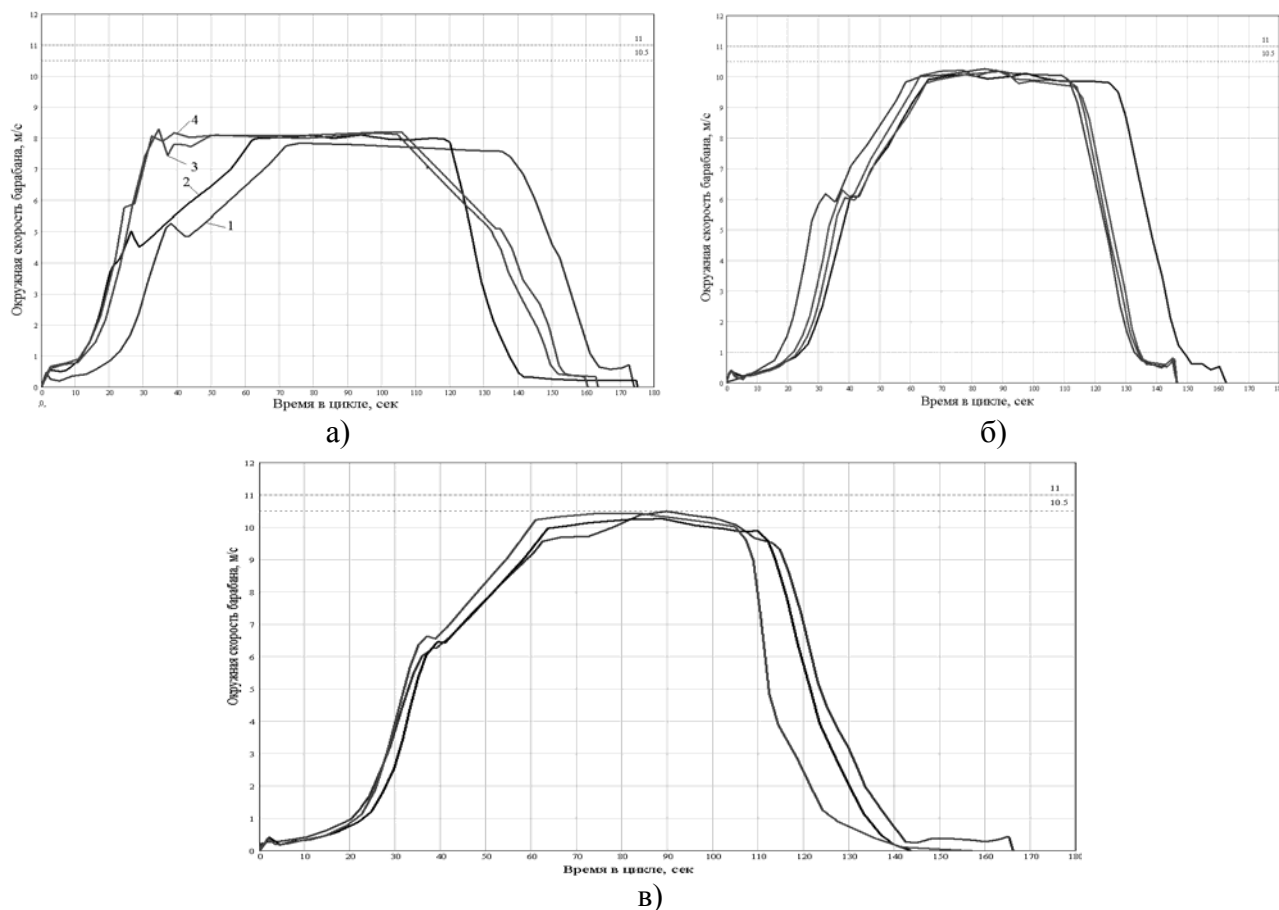
Проведенный анализ показывает, что в тех случаях, когда параметры системы «сосуд-армировка» попадают в зону возбуждения ударно – контактного режима, снижение максимальных нагрузок возможно за счет реализации ряда технологических мероприятий. Наименее дорогостоящим из них является синтез диаграммы скорости движения сосуда, обеспечивающей ограничения на максимальные значения ускорения и рывка, определяемые состоянием и параметрами армировки с учетом реально возможных смещений центра масс груза, параметров роликовых амортизаторов. Оптимизация диаграмм скорости позволяет в заданных горнотехнических условиях конкретного ствола минимизировать время цикла без ухудшения остальных параметров технического состояния системы и существенно снизить ударные нагрузки на армировку.

Проведенные в промышленных условиях многочисленные измерения динамических параметров систем «подъемная машина – канат – сосуд - армировка» показали, что применяемые в настоящее время на отечественных подъемах системы управления не всегда обеспечивают необходимую по условиям минимизации колебаний сосудов идентичность и сглаженность диаграмм скорости от цикла к циклу.

На рисунках 2 и 3 приведены графики фактической окружной скорости барабана подъемной машины, полученные при проведении динамических испы-



таний систем «сосуд-армировка» в породном скиповом и контрвесном отделениях ствола ГС-1 Запорожского ЖРК. Их анализ показывает, что фактические диаграммы линейной скорости подъема сосуда в реальных условиях могут существенно отличаться от достаточно гладкой пятипериодной диаграммы угловой скорости барабана. Это вызвано как погрешностями в работе системы регулирования скорости, так и отсутствием учета переменности радиуса в функции управления угловой скоростью бициндрического приводного барабана подъемной машины.



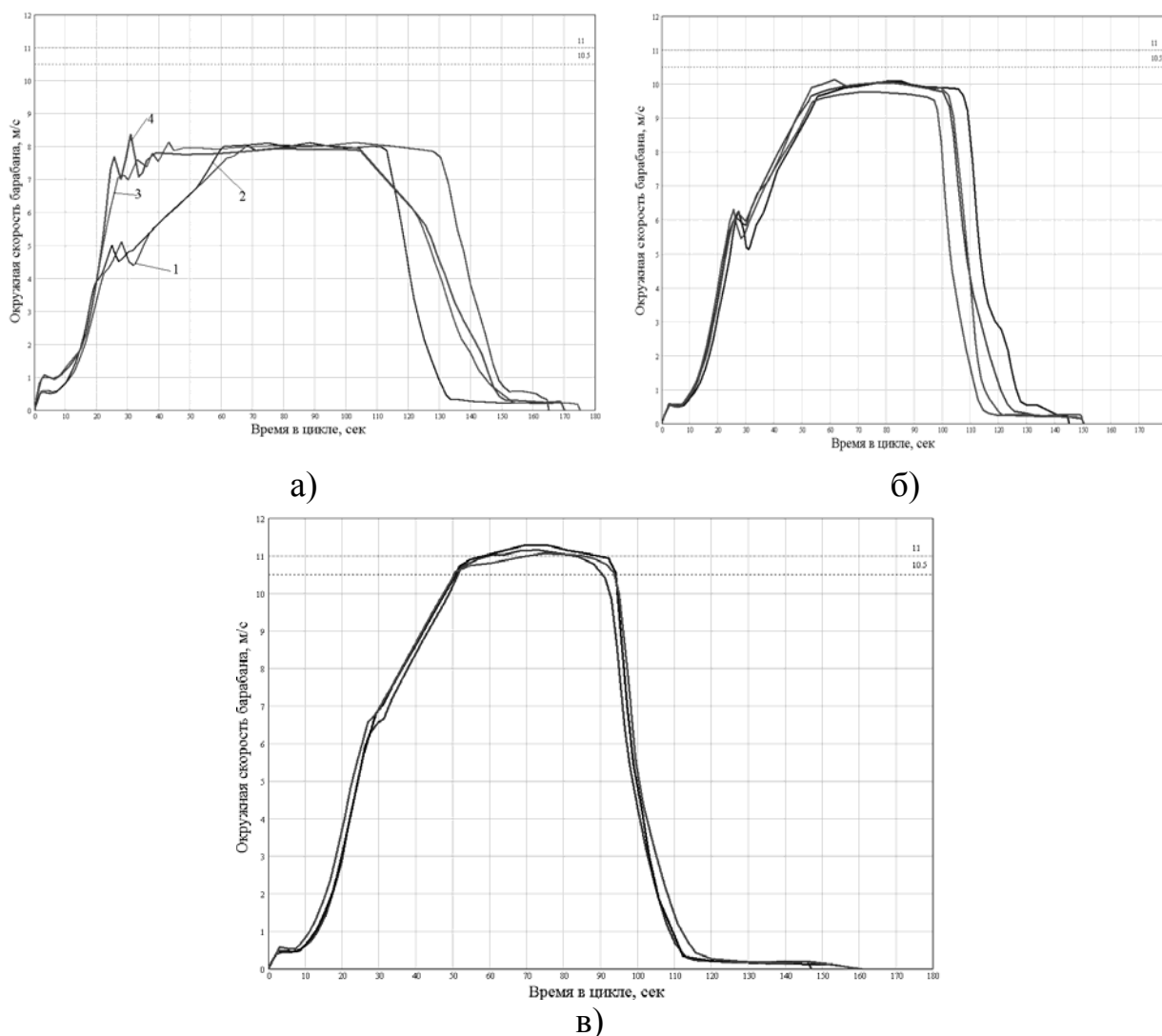
$t = 0$  для подъемов соответствует старту скипа из дозатора, для спусков - скипу из разгрузки

Рис. 2. Диаграммы скорости 2-х подъемов грузеного (кривые 1, 2) и 2-х спусков порожненого (кривые 3, 4) породного скипа на тестовых проездах при заданной максимальной скорости 8 м/с (а); подъемы при заданной максимальной скорости 10 м/с, (б); подъемы при заданной максимальной скорости 11 м/с, (в)

Из приведенных осциллограмм видно, что из-за переменности радиуса навивки фактическая вертикальная скорость сосуда (о́кружная скорость барабана) существенно отличается от традиционной пятипериодной диаграммы, которая задается по угловой скорости барабана. В двухконцевых подъемных машинах типа БЦК имеется большое различие в радиусах навивки каната в зависимости от положения каждого сосуда в стволе.

Старт грузеного сосуда из дозатора начинается с намотки каната на малый радиус для создания минимального сопротивления тяговому усилию подъемной машины с грузеным сосудом и полным отвесом каната. По мере сматывания канат переходит на коническую часть и потом на максимальный радиус ба-

рабана. То же самое, но в обратном порядке, происходит с опускающимся канатом порожнего сосуда. Этим обеспечивается уравнивание и минимизация тягового усилия подъемной машины без применения нижних уравнивающих канатов.



а) заданная максимальная скорость 8 м/с; (б) подъемы на скорости 10 м/с;  
в) подъемы на скорости 11 м/с.

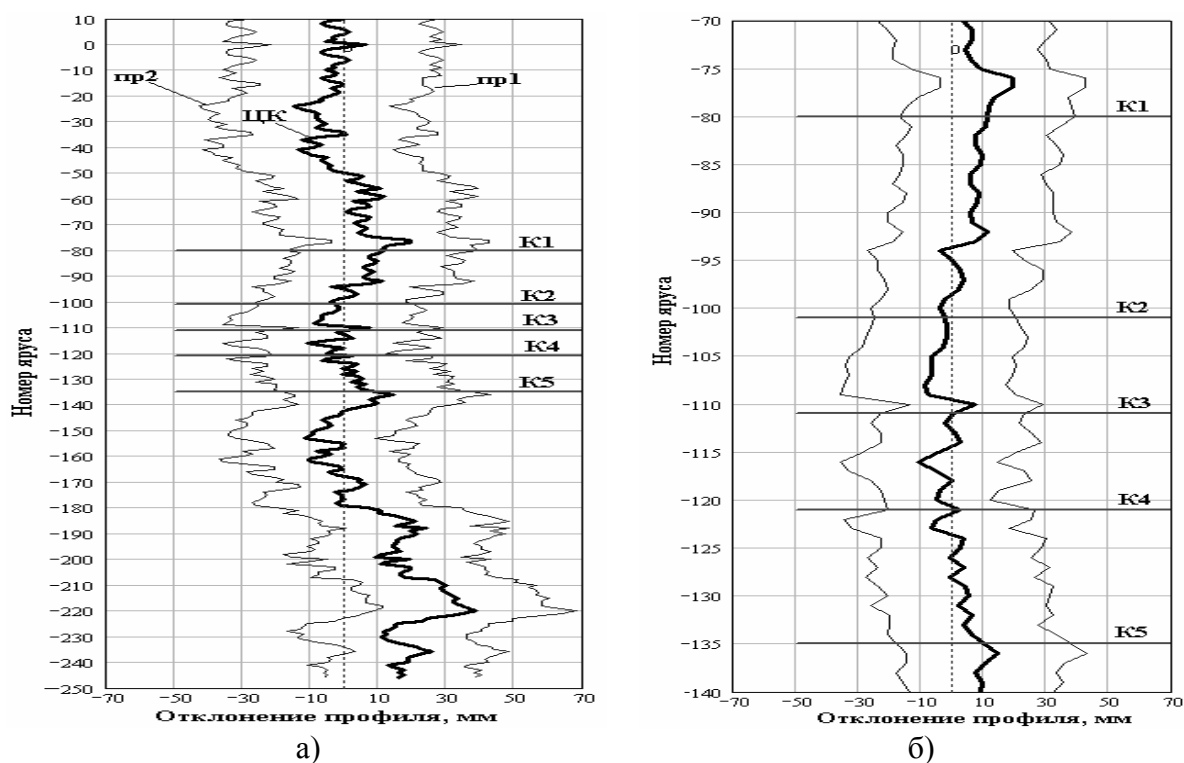
Рис. 3. Диаграммы скорости 2-х подъемов (кривые 1, 2) и 2-х спусков (кривые 3, 4) породного контрвеса на тестовых проездах.

Такой выигрыш в энергетическом плане приводит к тому, что диаграмма скорости движения груженого и порожнего сосудов становится неидентичной диаграмме окружной скорости вращения бицилиндроконического барабана (она традиционно задается пятипериодной) и получает достаточно резкие, иногда знакопеременные изгибы в одних и тех же участках ствола, которые не всегда учитываются системой управления подъемной машиной. При ручном управлении клетевой или скиповой установкой учесть такие особенности практически не возможно.

Как видно из приведенных диаграмм движение сосуда с заданной постоянной скоростью происходит только между 65-й и 100-й секундами, тогда как равномерное вращение барабана начинается на 30-й секунде (рис. 3а, 3б). На

этой же секунде на диаграмме окружной скорости виден излом и всплеск из-за перерегулирования, после которого сосуд продолжает набирать скорость, но с уменьшенным ускорением, в то время как канат еще находится на конической части барабана, уже вращающегося равномерно.

Скорость сосуда на равномерном участке можно только условно назвать постоянной, так как она меняется от 9.75 м/с до 10.5 м/с. Так же видно, что окружные ускорения (соответственно и движущее усилие подъемной машины) при разгоне и замедлении сосуда имеют различные на разных циклах значения и меняются в пределах 0.5-0.8 м/с<sup>2</sup>. На рис. 4 приведены графики лобовых профилей проводников №1 и №2 скипового отделения в раскладке по номерам ярусов армировки. Горизонтальными прямыми отмечены участки расположения компенсаторов вертикального смещения крепи ствола.



а) по глубине ствола , б)- участок компенсаторов К1-К5.

Рис. 4. Профили проводников №1, №2 и координаты центра колеи (ЦК).

Эти участки имеют наибольшие в стволе нарушения прямолинейности проводников. Форма изгиба проводников (а так же оси колеи: кривая ЦК) является характеристикой локального участка ствола, она создает внешние динамические возмущения на движущийся сосуд, а его динамическая реакция зависит от скоростного режима прохода по участку и состояния текущих кинематических зазоров в парах «башмак-проводник», зависящих от положения груза в подъемном сосуде и текущего значения ширины колеи на участке.

На рис. 5 приведен график раскладки номеров ярусов ствола по времени в цикле подъема по фактической диаграмме скорости с отметками расположения компенсаторов вертикального смещения проводников в зоне мульды сдвигения горных пород (горизонтальные прямые), на которых зафиксированы наи-

большие искривления осей проводников от вертикали. Переход номера яруса через ноль на 135 секунде подъема соответствует переходу скипа в копровой участок армировки перед входом в разгрузочные устройства. Из графика видно, что сосуд движется по участку компенсаторов между 135-м и 80-м ярусами с 85-й по 105-ю секунды подъема.

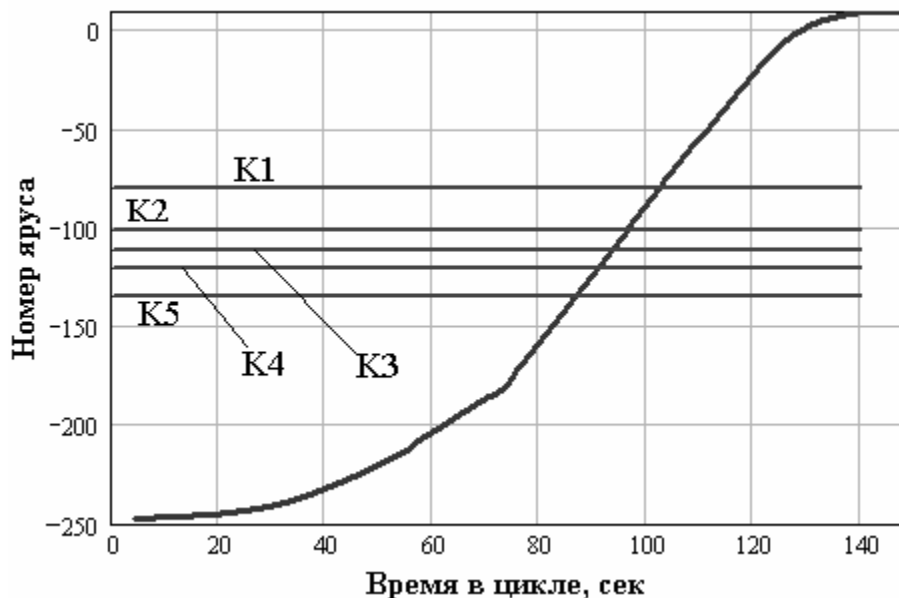


Рис. 5. График раскладки номеров ярусов армировки по времени в цикле подъема №1 грузеного скипа с отметками компенсаторов (K1 .. K5).

На рисунках 6, 7 показаны графики изменения динамических параметров систем «барабан – канат - сосуд» в для испытательных циклов в режиме подъема грузеного скипа и подъема контрвеса, полученные в результате математического моделирования, для движения сосуда с диаграммами скорости, приведенными на рис. 2в и рис. 3в.

Моделирование выполняется путем численного решения общей системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику систем «сосуд-армировка» в лобовой плоскости проводников [9]. Как и на рисунках 2, 3 начальный момент времени (0 сек) соответствует моменту старта подъемного сосуда с уровня дозатора.

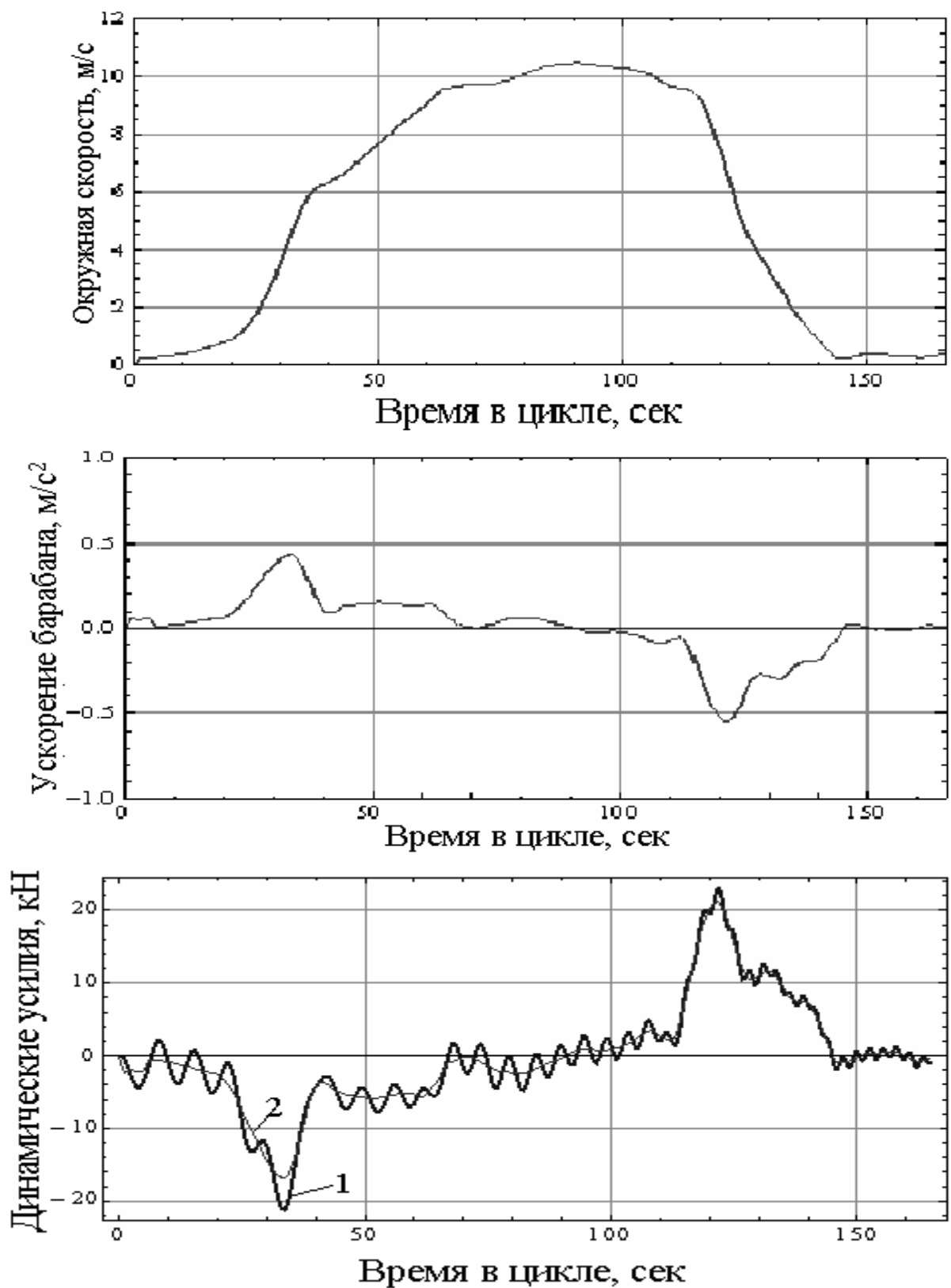


Рис. 6. Динамические параметры системы «барабан-канат-скип» (подъем скипа).

Первые графики показывают окружную скорость барабана, вторые - закон изменения окружного ускорения (по ним видно, что рывок на участках изменения ускорений может достигать существенных значений), третьи – полные ди-

намические усилия в нижних концах канатов у коушей (кривая 1), усредненные усилия без учета упругости каната (кривая 2).

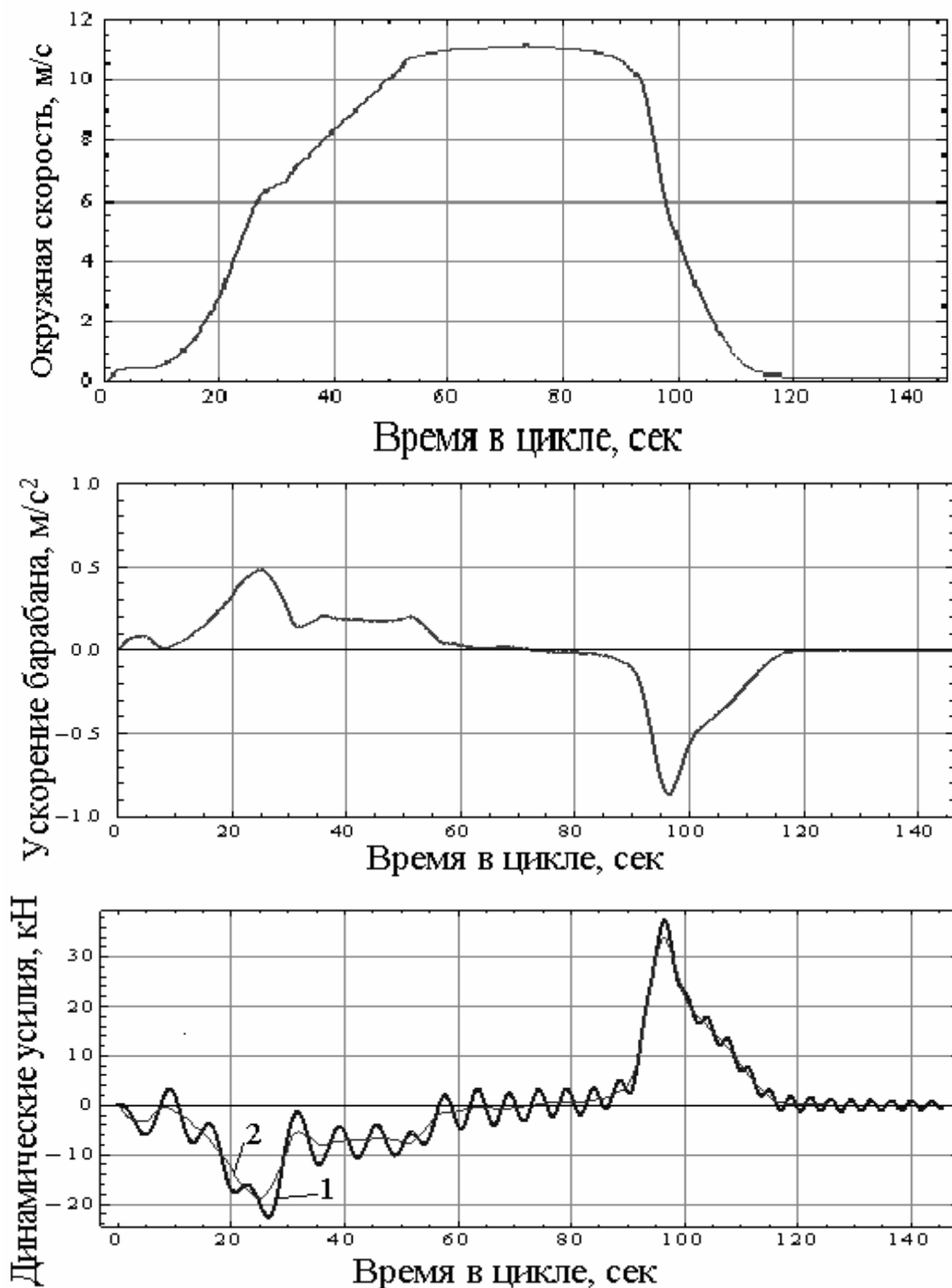


Рис. 7. Динамические параметры системы «барабан-канат-контрвес» (подъем контрвеса).

По величине размаха составляющих динамических усилий от колебаний каната можно судить о влиянии «неплавности» изменения окружной скорости барабана на вертикальные колебания сосуда, которые, в свою очередь, влияют на уровень горизонтальных нагрузок между сосудом и армировкой. В данном

примере амплитуда динамических усилий в канате у коуша при колебаниях достигает 4,3-4,6 кН.

Ниже приведены результаты моделирования динамического взаимодействия *породного скипа* с армировкой с учетом возможного горизонтального смещения центра масс груза в кузове при подъеме по фактической диаграмме скорости, представленной на рис. 2в.

На рис. 8 приведен график полной кинетической энергии, которая передается на движущийся подъемный сосуд системой проводников.

Полная энергия рассчитывается по теореме Кенига в виде суммы кинетической энергии поступательного перемещения сосуда вместе с осью колеи и энергии углового перемещения вместе с отрезком оси колеи с учетом массы и момента инерции сосуда. Видно, что на интервале движения с максимальной скоростью по участку компенсаторов нарушения вертикальности колеи пары проводников в отдельные моменты времени (85-95 сек) вызывают возбуждение скипа наибольшего в цикле уровня по сравнению с другими участками ствола.

Использование этого параметра позволяет классифицировать участки проводников по уровням их возмущающего динамического воздействия на подъемный сосуд в зависимости от сочетаний параметров диаграммы скорости и профилей проводников.

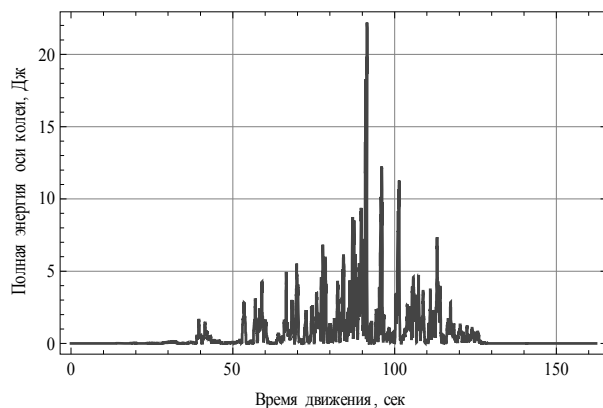
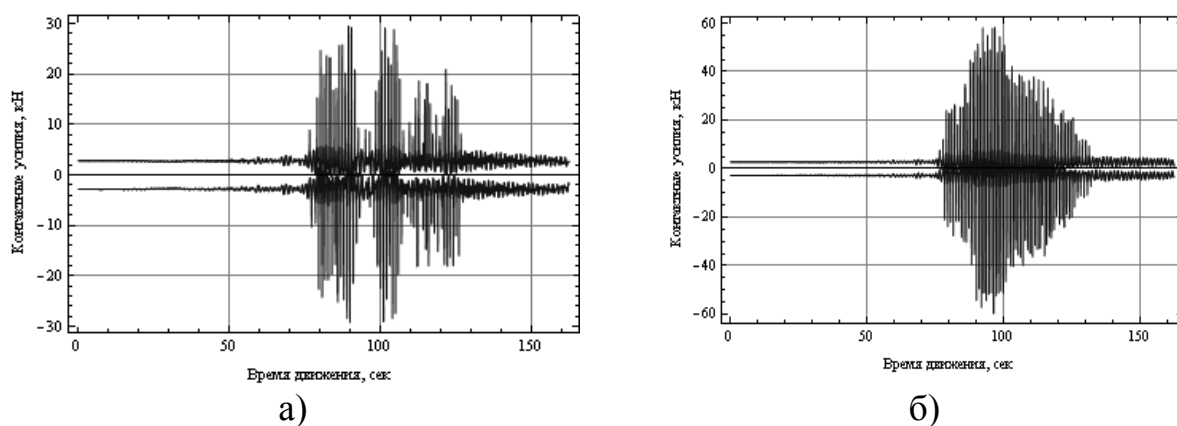


Рис. 8. График полной кинетической энергии возбуждения скипа системой проводников.

На рис. 10 приведены графики лобовых контактных нагрузок на проводники в течение цикла движения от 4-х направляющих скипа при вариации смещения груза в скипе, которые показывают отклик сосуда на внешние возмущения со стороны проводников и подъемной машины. Из рис. 9а видно, что при смещении центра масс груза на +160 мм к проводнику №1 на участках 80-85 сек в системе возникают ударные нагрузки на проводники, амплитуда которых не превышает 25 - 28 кН (это значительно превышает уровень нагрузок на предыдущем участке безударного движения 0-60 сек). После выхода скипа из этого участка на 90 секунде подъема, начинается начало участка замедления по диаграмме скорости (рис. 2б), которое сопровождается интенсивными вертикальными колебаниями скипа на упругом канате с горизонтальными нагрузками на проводники до 30 кН.



а) смещение груза на +160 мм (к проводнику №2); б) смещение груза на -160 мм (к проводнику №1) при диаграмме скорости цикла №1.

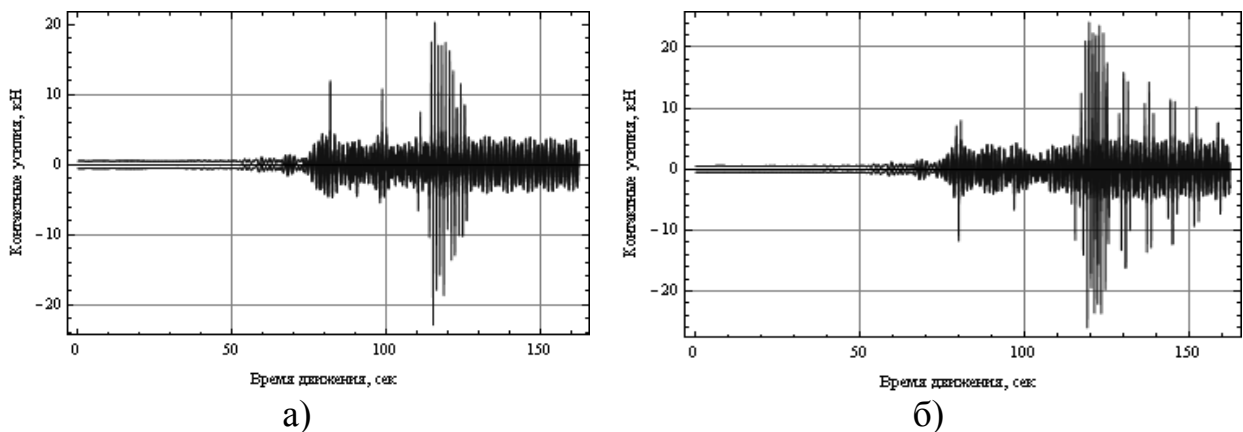
Рис. 9. Графики контактных усилий в системе «сосуд-армировка».

На рис. 9б показан тот же процесс, но при смещении груза к противоположному проводнику №2 на -160 мм. Видно, что динамический процесс на этих же участках диаграммы скорости изменился качественно и количественно. Нагрузки на первом участке 80-90 сек остались в пределах 30 кН, переход на второй участок произошел без промежуточного затухания. На участке 90-100 сек максимальные нагрузки выросли до 58 кН. Их максимальные значения реализуются в районе 100-й секунды между двумя последними компенсаторами на участке начала рабочего замедления барабана. Участки повышения уровня контактных нагрузок ударного типа совпадают с участками повышенного уровня энергии возмущений со стороны проводников.

Данный пример характерен тем, что иллюстрирует поведение скипа со значительным эксцентриситетом груза. В этом случае скип движется в состоянии близком к расклиниванию в проводниках диагональными башмаками №1, №4 или №2, №3 с очень малыми кинематическими зазорами. В этом случае в реакции скипа доминирует ударно-колебательный отклик на возмущения со стороны проводников. На рис. 10 приведены графики горизонтальных нагрузок на проводники при малом эксцентриситете груза  $\pm 30$  мм с той же самой диаграммой скорости.

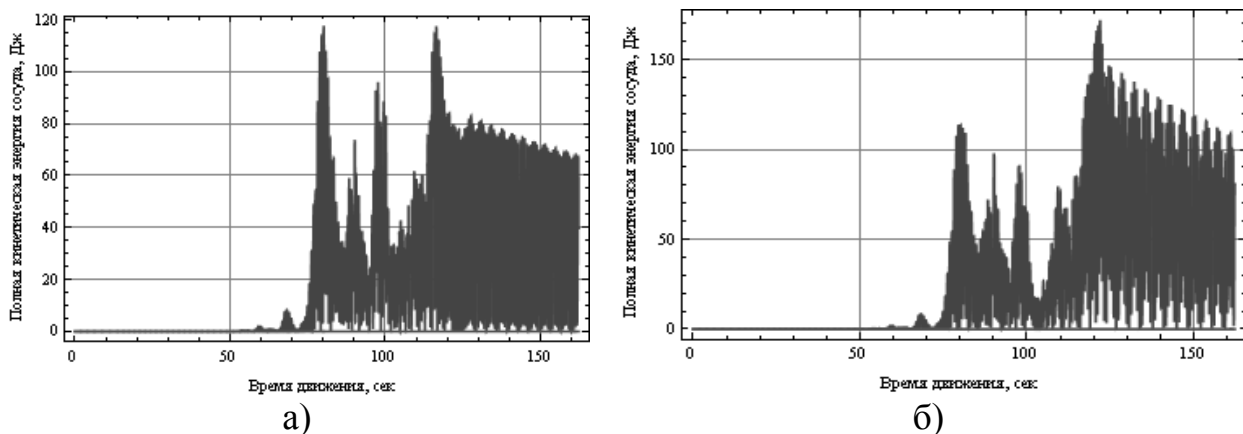
Графики на рисунке 10 показывают, что на всем цикле подъема от разгона до начала рабочего замедления взаимодействие скипа с армировкой носит безударный характер. Интенсивный ударно-колебательный режим с нагрузками до 20-22 кН возникает на 115-120 секунде. Сравнение этих графиков со вторым графиком на рис. 6 показывает, что этот момент времени совпадает с началом рабочего замедления и появлением на диаграмме окружного ускорения барабана всплеска до  $-0,4 \text{ м/с}^2$ . Это говорит о том, что в данном случае доминирует ударно-колебательная реакция сосуда на воздействие со стороны подъемной машины в виде вертикального рывка верхнего конца каната. А достаточно большие кинематические зазоры у всех башмаков не позволяют проводникам раскачать сосуд до длительного ударного взаимодействия с армировкой (одиночные удары происходят только на 80-й и 98 секундах) через упругие роликоопоры даже на участке 80-110 сек самых больших возмущений.





а) смещение груза на +30 мм (к проводнику №2); б) смещение груза на -30 мм (к проводнику №1) при диаграмме скорости цикла №1

Рис. 10. Графики контактных усилий в системе «сосуд-армировка».



а) смещение груза на +30 мм (к проводнику №2); б) смещение груза на -30 мм (к проводнику №1) при диаграмме скорости цикла №1.

Рис. 11. Графики полной кинетической энергии скипа при плоскопараллельных лобовых колебаниях скипа.

Графики на рис. 11 показывают, что в местах ударного взаимодействия скипа с проводниками его кинетическая энергия так же достигает максимальных значений, причем рост кинетической энергии соответствует росту контактных нагрузок. Раздельное рассмотрение кинетической энергии поступательного и углового перемещения скипа совместно с раздельным распределением мгновенных значений контактных нагрузок между башмаками позволяет определить доминирующий тип колебаний скипа, который вызван особенностями профилей проводников на локальном участке ствола (доминируют ли угловые колебания вокруг центра масс или поступательные перемещения вместе с центром масс).

На рисунках 12-15 приведены зависимости уровней максимальных нагрузок по каждой из 4-х направляющих в интервалах цикла подъема 85-100 сек и 100-130 сек от смещения груза в скипе (вариация смещения до 200 мм в обе стороны к каждому из проводников).

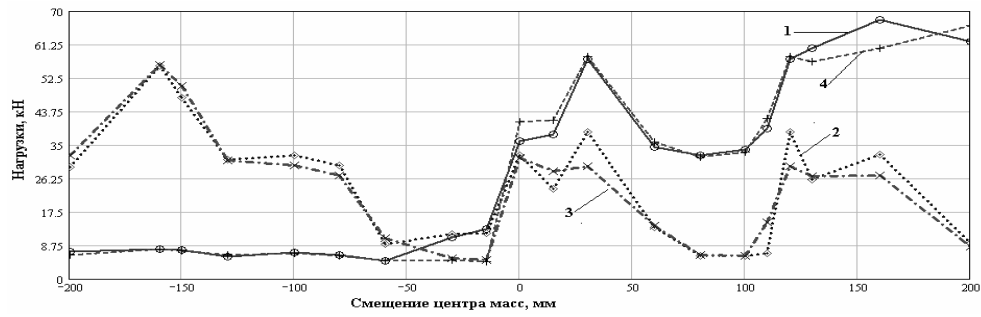


Рис. 12. Максимальные контактные нагрузки на участке подъема 85-100 сек в зависимости от смещения центра масс груза в цикле №1.

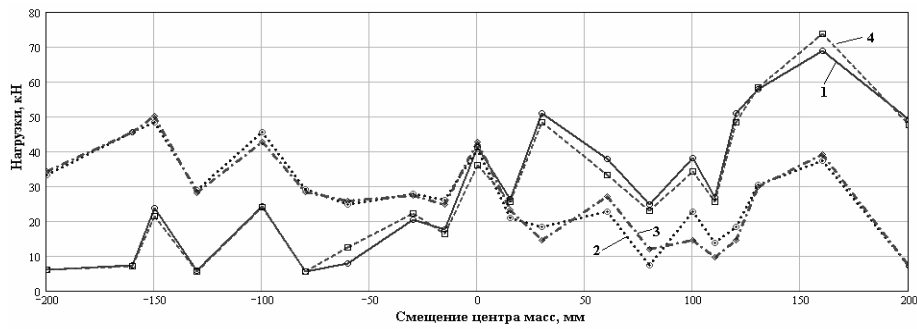


Рис. 13. Максимальные контактные нагрузки на участке подъема 100-130 сек в зависимости от смещения центра масс груза в цикле №1.

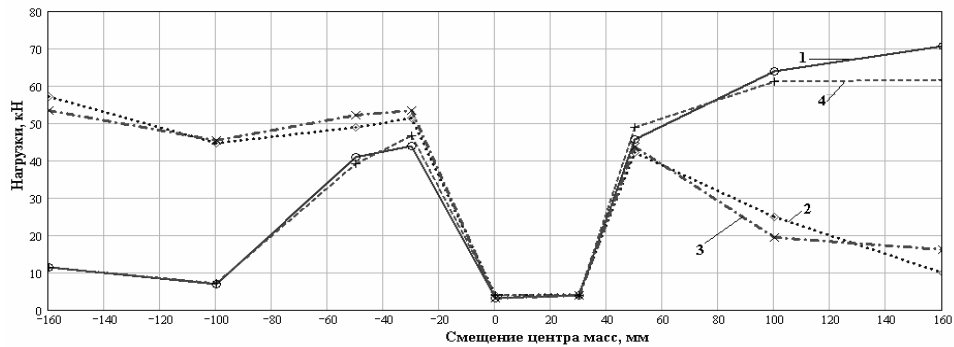


Рис. 14. Максимальные контактные нагрузки на участке подъема 85-100 сек в зависимости от смещения центра масс груза в цикле №2.

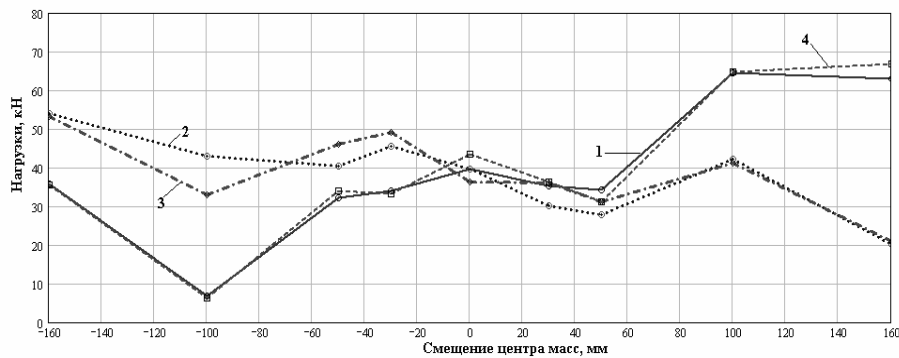


Рис. 15. Максимальные контактные нагрузки на участке подъема 100-130 сек в зависимости от смещения центра масс груза в цикле №2.

На рисунках 12-15 приняты следующие обозначения кривых: 1 - направляющая №1; 2 - направляющая №2; 3 - направляющая №3; 4 - направляющая №4.

Из сравнения графиков на рис. 12, 13 и 14, 15 видно, что на разных циклах подъема с диаграммами скорости, имеющими хоть и различные, но достаточно близкие между собой параметры, максимальные нагрузки на армировку существенно разнятся по величине на одних и тех же участках ствола. Это совпадает с картиной, получаемой при аппаратурных измерениях динамики систем «сосуд-армировка» в промышленных условиях.

Уровень нагрузок имеет достаточно явно выраженную тенденцию к росту с увеличением смещения груза в обе стороны, но после величины около 150 мм начинает снижаться. Это происходит когда скип под действием смещенного груза сдавливает пружины диагонально расположенных на скипе роlikоопор, и взаимодействие происходит с доминирующим контактом скольжения. Динамические нагрузки при скольжении меньше, чем при чисто ударном взаимодействии с возможностью раскачки в пределах большого кинематического зазора.

На примере кривых №1 и №4 видно, что контактные нагрузки имеют явную тенденцию к росту на обоих циклах подъема от минимального значения при смещении груза на -200 мм до максимального при смещении на +200 мм на обоих участках ствола. Это вызвано изменением кинематических зазоров в парах «башмаками №1 – проводник №2» и «башмак №4 – проводник №1» от максимального значения (при смещении -200 мм) до минимального (при смещении +200 мм). Аналогичная ситуация, но с противоположным знаком, реализуется для башмаков №2 и №3: поджатые к проводникам башмаки соударяются с ними с большими нагрузками, чем отошедшие на большее расстояние. То есть уровень контактных нагрузок на конкретном башмаке сосуда изменяется в обратной зависимости от величины базового кинематического зазора между ним и проводником.

Вид кривых максимальных нагрузок показывает, что взаимодействие 4-х колеблющихся башмаков с 2-ми перемещающимися случайным образом поверхностями проводников зависит их от мгновенных фаз встречи в зазоре.

От среднего наклона сосуда в створе проводников и их собственного наклона в пространстве зависит мгновенная фаза их встречи во время горизонтальных колебаний при подъеме. Это объясняет, почему участки роста максимальных контактных нагрузок могут чередоваться с участками их понижения при монотонном увеличении смещения центра масс груза. В то же время видно, что при небольших смещениях груза нагрузки имеют наименьшие значения и лежат в пределах 25-27 кН, а при больших смещениях возрастают до 3-х раз и достигают 60-75 кН.

Проводники являются упругими ограничителями колебаний скипа. Их фактические профили представляют собой полигармонические функции, спектральные параметры которых на каждом конкретном участке ствола определяются их отклонениями от вертикали и диаграммой скорости. Зазоры по каждому из башмаков зависят от центровки скипа относительно оси подвеса каната,

положения груза в скипе, симметричности настройки упругих роликовых направляющих и др.

При значительных, хотя и низкочастотных отклонениях проводников от вертикали, за счет большой инерционности скипа проводники инициируют жесткие соударения с башмаками и в системе возбуждается ударный процесс, дальнейшее развитие которого определяется формой диаграммы скорости подъема сосуда по участку проводников и формой их локальных искривлений на ярусах.

Анализ изменения характера динамического взаимодействия при изменении начальных условий на выходе скипа из дозатора, на входе в локальный участок проводников, а так же реакции на монотонное изменение смещения груза показывает, что картина колебаний на локальных участках с упругими ударными взаимодействиями носит *хаотический* характер: малые монотонные изменения входных параметров вызывают непредсказуемые значительные по амплитуде изменения контактных нагрузок и моментов контакта в цикле подъема.

На рис. 16 приведены фазовые портреты колебаний скипа на этих участках для параметров системы, соответствующих рис. 9а. На рис. 17 представлено отображение Пуанкаре для колебаний башмака №1 верхнего пояса скипа в течение цикла подъема, построенное по сечениям Пуанкаре, соответствующим моментам времени прохода скипом ярусов армировки (в эти моменты скип получает наибольшее возмущение от проводников) [10]. Для остальных башмаков соответствующие графики аналогичны. Видно, что по амплитуде колебания носят ограниченный характер, горизонтальная скорость при соударениях башмаков скипа и проводников не превышает 0.2 м/с. Картины, представленные на этих рисунках соответствуют хаотическим колебаниям, устойчивые циклы и характерные аттракторы не образуются.

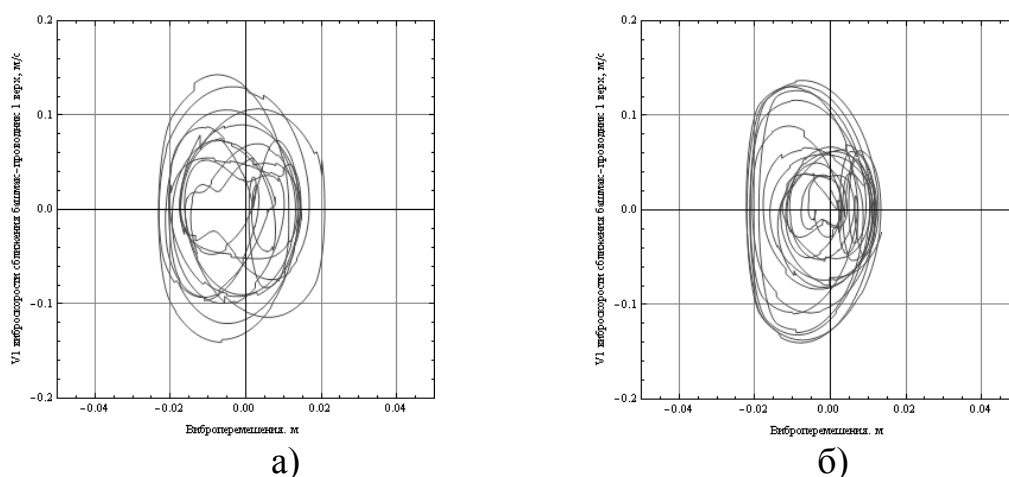


Рис. 16. Фазовые портреты колебаний башмаков: а) участок 85-100 сек, б) участок 100-130 сек.

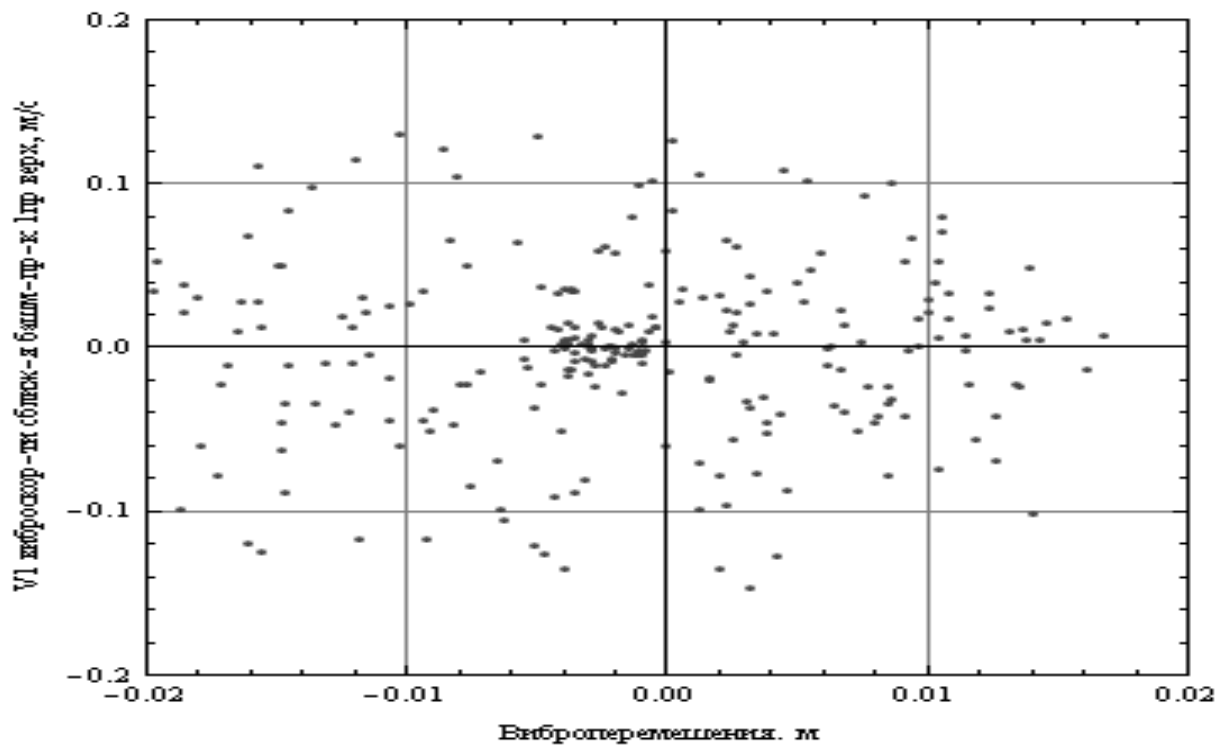


Рис. 17. Отображение Пуанкаре для колебаний башмака №1 верхнего пояса скипа в течение цикла подъема.

Для участков безударного движения скипа по искусственно заданному прямолинейному профилю проводников в копре при фактической диаграмме скорости подъема фазовые портреты системы имеют другой вид. На рис. 18 и рис. 19 показаны фазовые портреты и отображение Пуанкаре движения центра масс и угла поворота скипа вокруг центра масс.

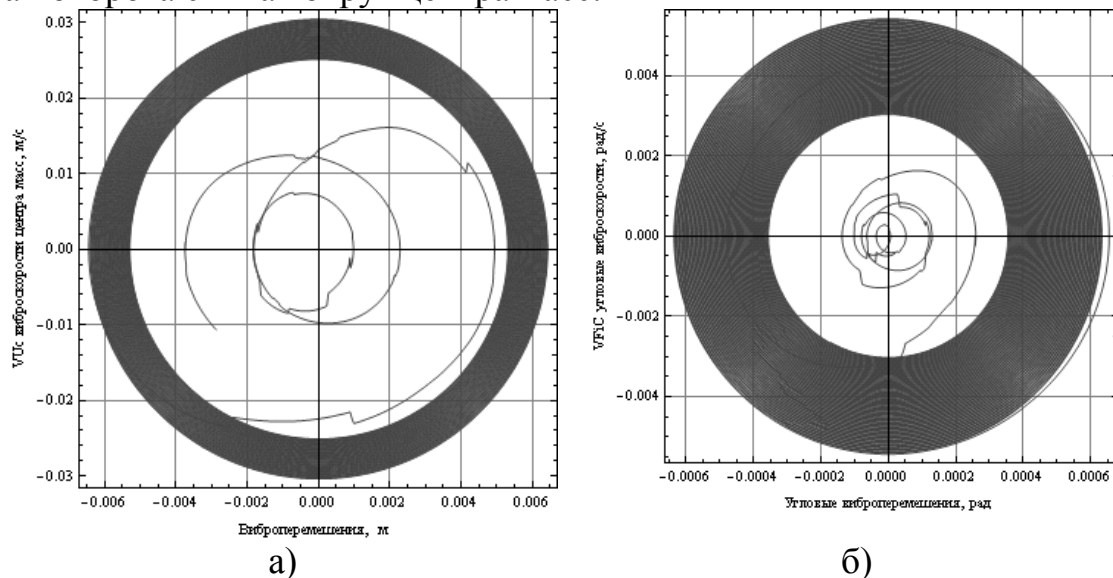
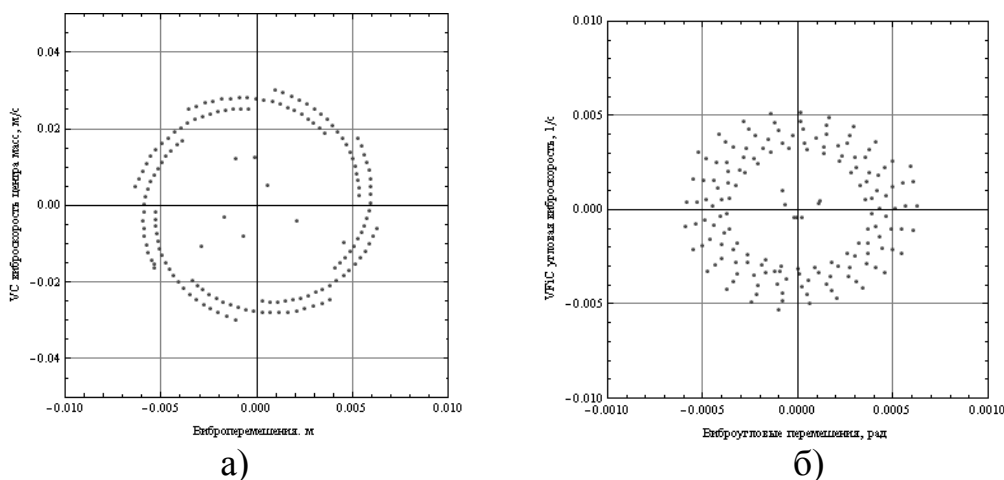


Рис. 18. Фазовые портреты поступательного (а) и углового (б) перемещений скипа на участке гладких профилей проводников.



а)- поступательное и б) угловое перемещение.

Рис. 19. Отображение Пуанкаре перемещений скипа на копровом участке гладких профилей проводников.

В данном случае горизонтальные колебания скипа возбуждаются только вертикальными колебаниями головного каната с графиком усилий, показанным на рис. 6.

Приведенные результаты показывают, что система «сосуд-армировка» очень чувствительна к различного рода изменениям технологических параметров, контролировать которые на этапе эксплуатации можно только в пределах изменения их максимальных значений.

Для практических целей обеспечения безопасности работы подъема характер колебаний скипа внутри кинематических зазоров не имеет существенного значения, но его характеристика имеет значение для возможности прогноза изменения контактных нагрузок в системе. В работах НИИ горной механики им. М.М. Федорова, выполненных под руководством профессора В.И. Дворникова, установлено, что при расчете безопасных параметров работы подъемов необходимо ориентироваться на максимально возможные нагрузки в системе «сосуд-армировка» [11]. Эти нагрузки по своему уровню в зависимости от износа проводников и расстрелов на локальных участках ствола могут быть безопасными, потенциально опасными или аварийно опасными для прочности элементов армировки и, кроме того, представлять опасность разрушения для рамы и корпуса подъемного сосуда.

При количестве подъемов 300-400 в сутки накопление усталостных повреждений, трещины по сварным швам проводников и нарушение узлов крепления проводников к расстрелам за короткое время могут привести к их ускоренному разрушению (случаи внезапного разрушения проводников или корпуса сосуда во время движения достаточно хорошо известны из прошлой и современной практики эксплуатации подъемов).

Одним из способов снижения нагрузок является снижение рывка верхнего конца каната и синтез диаграммы скорости с плавными переходами между участками. На рис. 20 приведены фактическая (кривая 1) и сглаженная, с минимизацией рывка и сокращением времени цикла (кривая 2) диаграммы скорости скипа.

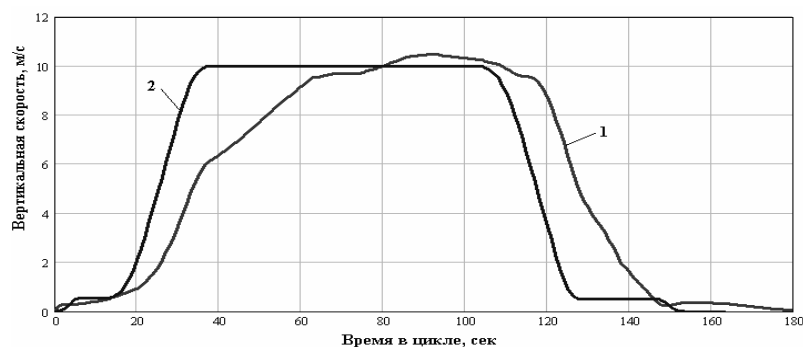


Рис. 20. Фактическая (кривая 1) и сглаженная (кривая 2) диаграммы скорости скипа.

На рис. 21 приведены результаты результатов расчета динамических нагрузок на армировку по верхнему и нижнему поясам скипа при подъеме по сглаженной диаграмме, полученной в работе [12] с целью минимизации возбуждения вертикальных колебаний сосуда.

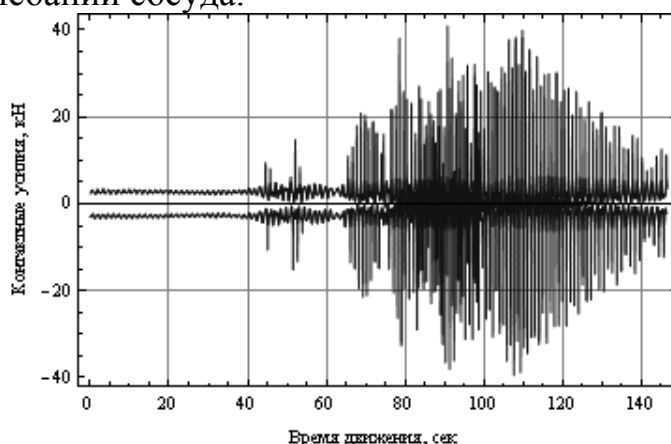


Рис. 21. График контактных нагрузок на армировку при подъеме по сглаженной диаграмме скорости.

Видно, что при подъеме по участкам компенсаторов, имеющим наибольшие нарушения вертикальности проводников, контактные нагрузки на армировку в условиях сглаженной диаграммы подъема практически в два раза меньше, чем аналогичные нагрузки при фактической диаграмме скорости (рис. 9б).

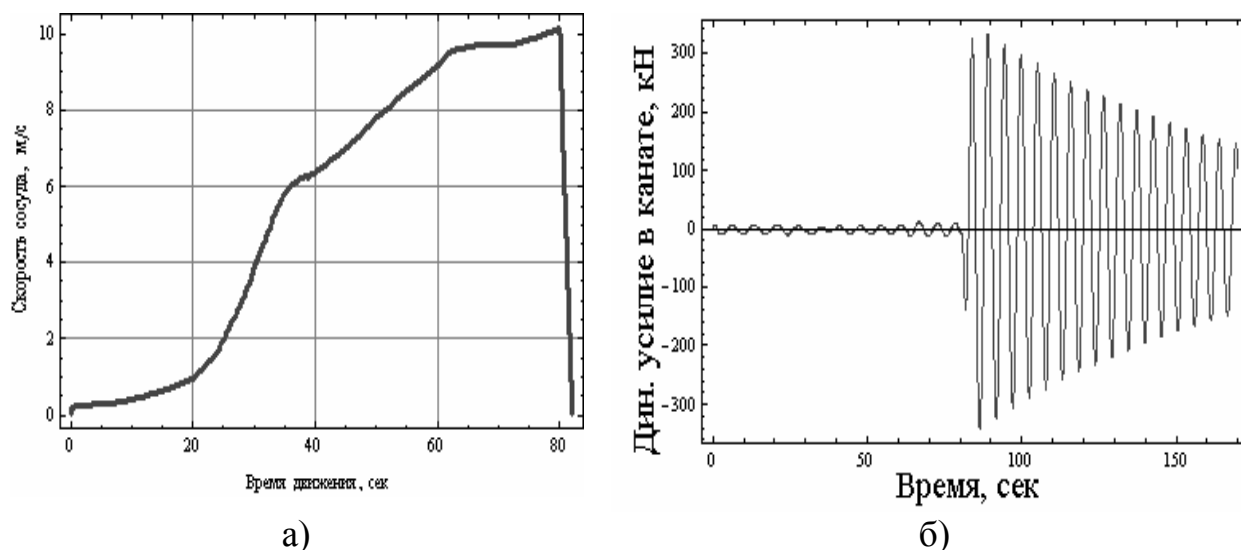


Рис. 22. Диаграмма скорости подъема с включением ТП (а), графики динамических усилий в канате (б).

Особый интерес представляет определение динамических нагрузок на армировку в режиме предохранительного торможения (ТП) при наличии эксцентриситета груза в сосуде. Для изучения этого явления было выполнено моделирование включения ТП на 80-й сек подъема скипа с нормативным замедлением  $5 \text{ м/с}^2$  (участок максимальной скорости движения  $10,5 \text{ м/с}$ ) для параметров системы, соответствующих рисунку 10б (эксцентриситет груза  $-30 \text{ мм}$ ).

На рисунке 22а показана диаграмма скорости, на рисунке 22б показан график динамических усилий в канате. В сравнении с графиками на рис. 3 видно, что при ТП диаграмма скорости имеет резкий излом с 80-й секунды, а динамические усилия в канате во время торможения возрастают до  $300 \text{ кН}$ , превышая его динамические натяжения на рабочем режиме в 15 раз.

На рис. 23а приведен график контактных усилий на проводники в режиме ТП, а для сопоставления на рис. 23б продублирован фрагмент графика из рис. 10б для рабочего режима.

Приведенные графики показывают, что на 80 секунде подъема на рабочем режиме в системе «скип-армировка» при эксцентриситете груза  $-30 \text{ мм}$  реализовался кратковременный ударно-колебательный режим с амплитудой усилий  $10-12 \text{ кН}$ . При срабатывании ТП на этом же участке возникает интенсивный ударно-колебательный режим с максимальными нагрузками на проводники до  $24-26 \text{ кН}$ . Это значит, что предохранительное торможение вызывает рост нагрузок на армировку до 2,2 раз при выбранных параметрах системы.

Результаты исследования зависимости максимальных нагрузок на армировку при ТП от величины эксцентриситета груза, показаны на рис. 24.

График на рис. 24 качественно совпадает с огибающей максимальных нагрузок по всем башмакам для соответствующих кривых, приведенных на рисунке 12, но имеет более симметричный характер относительно знака (направления) смещения груза в скипе. Такая симметричность объясняется тем, что при ТП сосуд останавливается на очень коротком участке ствола и профиль проводников напротив сосуда не успевает претерпеть существенных изменений. На рабочем режиме, для которого построены графики, показанные на рисунке 12, параметры профиля (углы наклона проводников, отклонения от вертикали) непрерывно и существенно меняются при перемещении скипа по участку ствола и в сочетании со смещением груза в ту или иную сторону вызывают различные по амплитуде контактные нагрузки в системе.



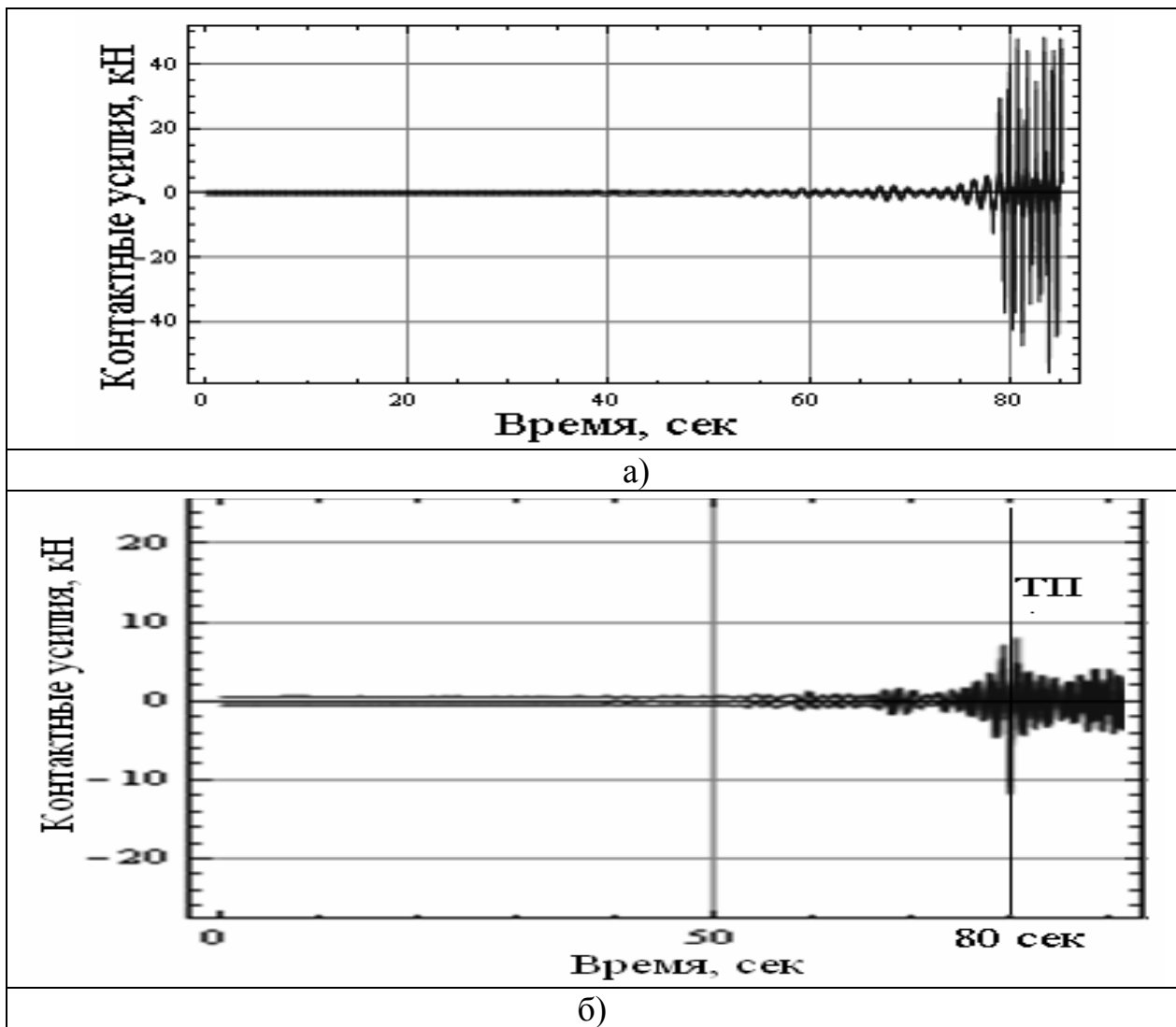


Рис. 23. Динамические нагрузки на армировку в режиме ТП (а), динамические нагрузки на армировку в рабочем режиме (б).

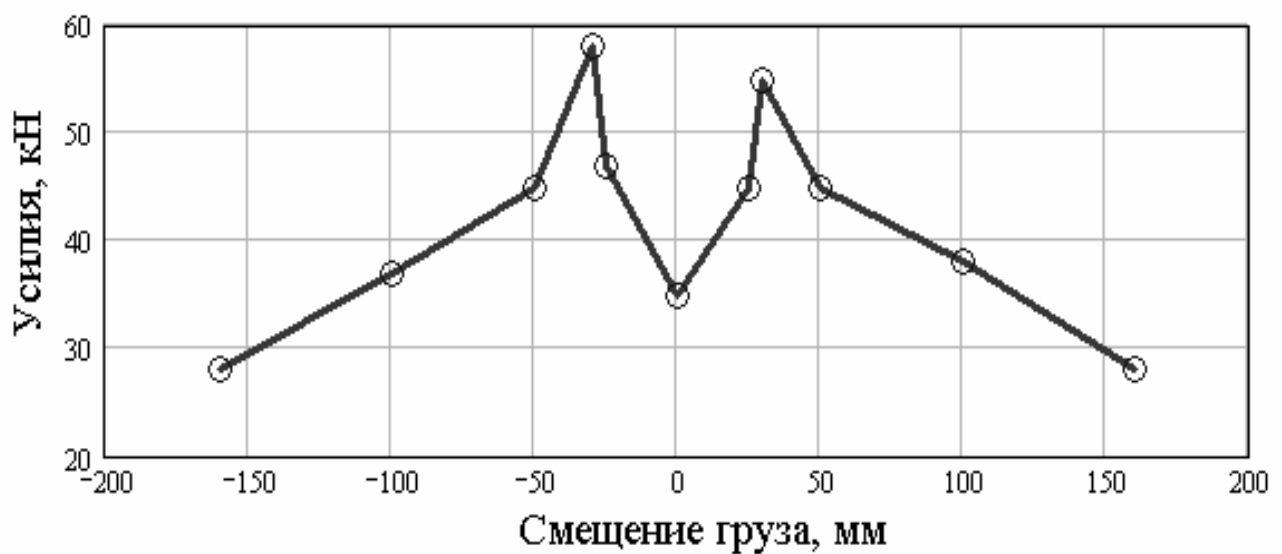


Рис. 24. График максимальных лобовых контактных усилий по всем 4-м башмакам скипа.

Изложенные результаты говорят о наличии реальной возможности управления параметрами динамического взаимодействия сосудов с проводниками и эксплуатационными параметрами всех элементов армировки (запасами прочности, усталостными повреждениями под действием эксплуатационных нагрузок и повышенного износа металлоконструкций и пр.) посредством изменения параметров управления скоростью вращения барабана подъемной машины, как на рабочих режимах, так и при срабатывания предохранительного тормоза.

Такая ситуация требует разработки научно обоснованных мероприятий, снижающих максимальные нагрузки до безопасного уровня в условиях неопределенности исходных параметров и хаотического характера динамических процессов в системе.

**Выводы:**

- колебания скипа при ударном взаимодействии с проводниками на участках нарушения вертикальности жесткой армировки имеют хаотический характер;

- смещение центра масс груза в кузове скипа в технологически возможных пределах вызывает на участках ствола с нарушенной вертикальностью проводников рост динамических нагрузок на армировку до 3-5 раз;

- для снижения негативного влияния смещения груза в скипе на динамическую нагруженность армировки необходимы специальные мероприятия, обеспечивающие максимально равномерное по горизонтали заполнение кузова, а так же тщательная центровка направляющих скольжения сосуда относительно вертикальной оси каната. Для клетевых подъемов необходимо обеспечение центровки груза относительно оси подвеса сосуда и работа машины с минимизацией вертикальных рывков при движении и маневрах;

- специальное сглаживание диаграммы скорости подъема с минимизацией рывка даже при смещенном грузе в скипе позволяет снизить динамические нагрузки на армировку до 2-х раз на одних и тех же участках ствола с нарушенной вертикальностью проводников;

- безопасная работа подъемов обеспечивается согласованной работой служб *главного энергетика* (управление ШПМ) и *главного маркшейдера* (контроль профилей проводников) по разработке и выполнению организационно-технических мероприятий, обеспечивающих заданные эксплуатационные параметры работы подъемных сосудов, канатов, армировки, находящихся в ведении службы *главного механика* предприятия.

Все сказанное выше говорит о необходимости системного подхода к выявлению первопричин поломок и сбоев в работе механического оборудования подъемных комплексов и создания организационной системы, обеспечивающей подчинение работы маркшейдерской и энергетической служб, обслуживающих подъемные комплексы, единой цели – обеспечению надежной и безотказной работы стволового механического оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавруцкий А.Е. Исследование горизонтальных нагрузок на армировку в скиповом стволе ЗЖРК №1 / А.Е. Гавруцкий, В.Д. Мусиенко, Л.С. Осадчая // Шахтное строительство: научн-техн. журнал. – 1981. – №7. – С. 13 – 15.
2. Ильин С.Р. Комплексные экспериментальные исследования динамики скипов рудоподъемного ствола / С.Р. Ильин, Г.Д. Трифанов, С.В. Воробель // Горное оборудование и электромеханика №5. 2011. – С. 30-35.
3. Ильин С.Р. Измерительно-аналитическая компьютерная технология диагностики и управления состоянием оборудования шахтных подъемных комплексов / С.Р. Ильин, Б.С. Послед, Л.Г. Адорская, С.В. Самуся, И.С. Ильина, В.П. Чернетченко, В.А. Николаев // ИГТМ НАН Украины. Геотехническая механика. Межвед. Сб-к. науч. тр. Вып. 93, Днепропетровск. -2012, -С. 28-38.
4. Ильин С.Р. Влияние параметров диаграмм скорости вращения подъемных машин на динамические усилия в канатах и усталостные явления в элементах армировки ствола / С.Р. Ильин // Стальные канаты №8. Экология. – Одесса. – 2010. –С. 30-61.
5. Воробель С.В. Влияние диаграммы скорости на динамические нагрузки в системе "подъемный сосуд- жесткая армировка" и деформацию рамы подъемного сосуда / С.В. Воробель, Г.Д. Трифанов // Горное оборудование и электромеханика №12. 2011.- С. 16-19.
6. Ильин С.Р. Об устойчивости движения грузов в упругих проводниках при пространственном расположении точек крепления канатов для многоканатного подъема / С.Р.Ильин // Publ. Techn. Univ. Heavy Ind. – Miskolc, 1981. Ser. A – Vol. 35. Fasc. 3-4 – P. 197-204.
7. Самуся В.И. Динамическая устойчивость взаимодействия сосуда с проводниками гибкой армировки многоканатной подъемной установки в режиме торможения / В.И. Самуся, Ильина И.С. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. №50. – Дн-ск, 2004.-С.179-187.
8. Лойцянский Л.Г. Теоретическая механика / Л.Г. Лойцянский // Ленинград-Москва. - ГТТИ.- 1933. -452С.
9. Ильин С.Р. Разработка и обоснование общей диагностической модели оборудования шахтных подъемных установок / С.Р.Ильин // ИГТМ НАН Украины. Геотехническая механика. Межвед. Сб-к. науч. тр. Вып. 76. Днепропетровск. -2008. -С.44-63.
10. Мун Ф. Хаотические колебания / Ф. Мун // Москва. - «Мир». – 1990. -154 с.
11. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт // Минуглепром СССР, НИИ горной механики им. М.М.Федорова. – Донецк. -1985. -145с.
12. Ильин С.Р. Оптимизация цикла спуска/подъема двухконцевой скиповой установки с бицилиндроконической подъемной машиной / С.Р.Ильин, Ю.В. Михлин, С.М. Решетникова // Вестник СевНТУ №120. - Севастополь -2011. – С 41-49.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЫЧАЖНЫХ РОЛИКОВЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ ШАХТНЫХ СКИПОВ ПРИ РАБОТЕ В СТВОЛАХ С НАРУШЕННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ**

Наведено результати визначення параметрів важільної роликів направляючої скіпа для роботи в стовбурах з жорстким армуванням в зонах зсуву гірських порід.

**DETERMINATION OF DESIGN PARAMETERS LEVER ROLLER RAIL SKIP IN MINE WORK WELL FOR BREACH OF GEOMETRY**

The results of determining the parameters of the lever roller guide to skip work stems from the rigid reinforcement in areas of displacement of rocks.

**Состояние вопроса**

Практика эксплуатации скиповых подъемов в зарубежных угольных и рудных стволах, а также проведенные теоретические и экспериментальные исследования показали, что одним из эффективных способов снижения ударных нагрузок в системах «скип-армировка» является установка в подпружиненных рычажных роликовых направляющих дополнительных гидравлических амортизаторов, диссипативные характеристики которых отвечают специальным требованиям [1, 2]. Повышение эффективности применяемых конструкций требует использование опыта гашения ударных нагрузок в аналогичных системах, применяемых в смежных отраслях. К ним относятся автомобильная, авиационная промышленности и железнодорожный транспорт.

Анализ литературных источников показал, что в автомобильной промышленности серийно применяются однотрубные амортизаторы с диаметром корпуса 70 мм с коэффициентом вязкого сопротивления (далее КВС) 10000 – 30000 Нс/м, которые по своим габаритам могут быть встроены в конструкцию серийной роликовой рычажной направляющей, применяемой на шахтном подъеме.

**Материалы исследований**

Анализ технических решений, применяемых в аналогичных случаях в авиационной промышленности и железнодорожном транспорте показал, что наиболее эффективными являются гидроамортизаторы, имеющие переменный по ходу плунжера коэффициент вязкого сопротивления. Сочетание этих решений дает возможность использовать автомобильные амортизаторы в качестве прототипа и модернизировать их за счет изменения площади поперечного сечения дюз в плунжере (уменьшение КВС достигается увеличением диаметра дюз) и установки дополнительных средств регулирования, позволяющих выполнять подстройку КВС на шахтном подъеме с адаптацией под условия конкретного шахтного подъема.

Для эффективного регулирования значения КВС в условиях различных профилей проводников и подъемных сосудов без разборки амортизатора для гашения ударных нагрузок используем способ создания переменного гидравлического сопротивления амортизатора, путем увеличения сопротивления по мере