Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LX, вып. 1, 1970 г.

НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В КОНСТРУКЦИИ И ИССЛЕДОВАНИИ ПАРАШЮТОВ ПОДЪЕМНЫХ СОСУДОВ В ПОЛЬШЕ

А. Клих

Шахтные предписания многих стран содержат требования, по которым одноканатные подъемники, предназначенные для спуска рабочих, должны снабжаться парашютами подъемных сосудов. Существующие парашюты, к сожалению, не выполняют своей основной задачи, заключающейся в безотказном торможении или остановке падающей клети (скипа) в случае обрыва или отцепления каната. Лучшими средствами предотвращения обрыва и его последствий считаются надлежащий расчет и точный контроль канатов. Несмотря на более чем столетнюю традицию в конструировании этих устройств, до сих пор не разработана (особенно для подъемников, приводимых в движение шкивом трения) конструкция парашютов, которая бы в каждом случае при любых практически возможных обстоятельствах останавливала бы падающую клеть. В связи с этим в некоторых странах, например, в Англии и Германии, инструкции об использовании парашютов были отменены. *

Однако страшные в своих последствиях аварии в стволе шахты подтверждают необходимость дальнейших исследований

* В Советском Союзе в соответствии с действующими Правилами безопасности сосуды для подъема людей обязательно снабжаются парашютами (за исключением многоканатных систем подъема с числом головных канатов не менее четырех). Советская конструкция ПТК является лучшим типом парашютов, промышленная эксплуатация которых подтвердила их полную надежность и безопасность при системах подъема с барабанными машинами (примеч. ред.).

работы парашютов одноканатных подъемников. Так, аварии в сентябре 1961 г. в каменноугольной шахте «Забже» и в ноябре 1963 г. в шахте «Радзенкув» явились непосредственной причиной разработки новых конструкций парашютов, предпринятой в ответ на призыв Министерства высшего образования и Государственного совета горного дела Горнометаллургической академией в Кракове по инициативе проф. Кохманьского.

В новых парашютах [1, 2, 3, 4, 5], разработанных в Горнометаллургической академии (проф. Кохманьски, доц. Кавецки, инж. Огожалэк и др.) и Гидрометеорологическом научно-исследовательском институте в Кракове (докт. Вальчевски, магистр Кубиньски), применены новаторские системы включающего устройства и привода тормозных захватов, предназначенных главным образом для подъемов со шкивом трения. Они коренным образом отличаются от существующих, так как для создания тормозного процесса применяется пиротехнический двигатель, а импульс от оборванного каната к двигателю передается по радио.

Основным элементом парашютов подъемных сосудов, если иметь в виду функции торможения, является включающее устройство. Системы включающего устройства в новых парашютах полностью отделены от динамической системы сосуд — подъемный канат. Этим исключается неправильное действие устройства, связанное с динамическими явлениями в системе сосуд — подъемный канат. Авторы отказались также от не очень надежных систем парашютов, действующих в случае изменений кинематических параметров вследствие обрыва каната (чрезмерное увеличение скорости или ускорения).

Новое решение использует принцип реакции на неправильности относительного движения сосудов после обрыва каната и относится к подъемам, снабженным подвесным канатом. В результате обрыва подъемного или подвесного каната падает петля подвесного каната, обычно находящаяся в зумпфе на постоянной высоте. Падение петли ниже уровня, продиктованного условиями безопасности, является первичным включающим сигналом.

Падающий канат *1* (рис. 1) своей тяжестью приводит в движение рычажный механизм включателя *2*, замыкающий цепь аварийной линии *3*, которая соединяет зумпф с надшахтным строением, где находится передаточное устройство. Во время нормальной работы системы передаточное устройство передает постоянный контрольный сигнал в антенну в форме

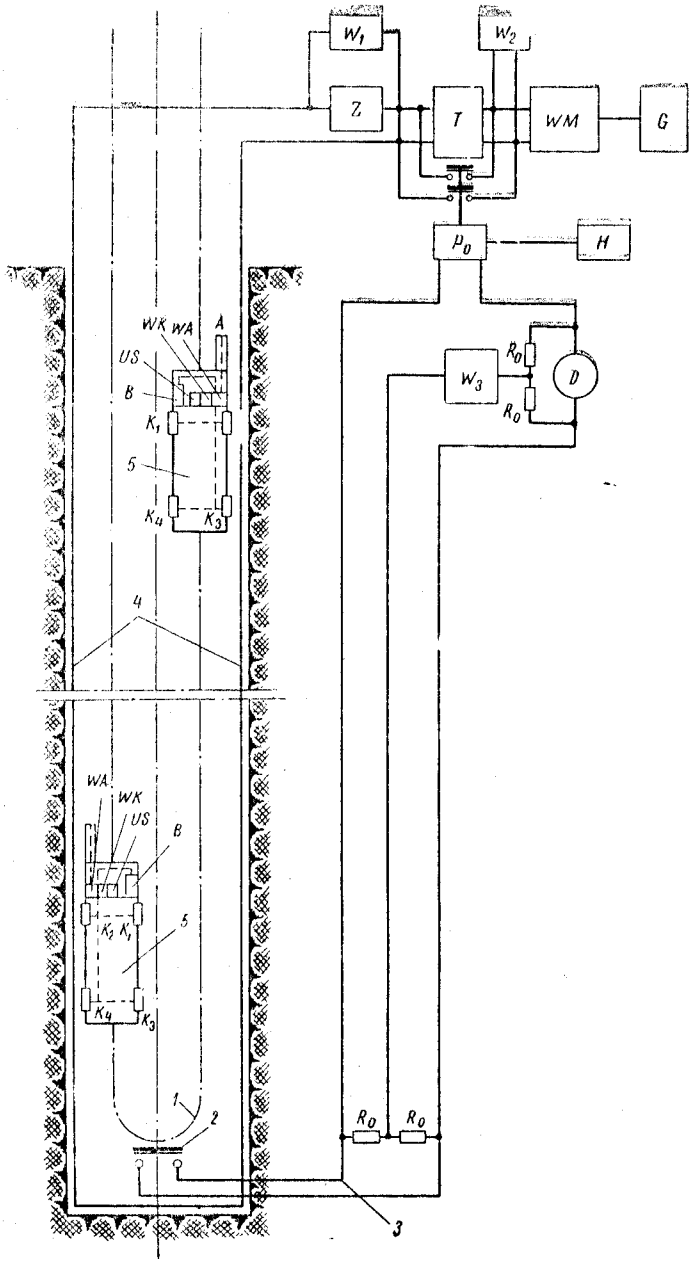


Рис. 1. Принципиальная схема нового типа парашютов

замкнутой петли *4*. Внутри петли в пределах возникшего магнитного поля находятся подъемные сосуды *5* с приемными устройствами, принимающими контрольный сигнал небольшой мощности. Это позволяет контролировать работу системы в любой момент. Замыкание линии в случае аварии включателем *2* увеличивает мощность сигнала в передаточной петле в 2500 раз. Сильный сигнал, принятый приемным устройством, включает привод захватов ловителя.

Аварийный включатель *2* параллельно включен в ветвь моста, питаемого батареей D и состоящего из сопротивлений R_0. Замыкание включателя в зумпфе нарушает равновесие моста, течение тока от батареи D через реле с низким сопротивлением P_0, которое в свою очередь контактом замыкает глушитель петли T. В реле P_0 предусмотрен добавочный аварийный выключатель H, который можно привести в движение вручную (сделать это может машинист). Указатель W_3 сигнализирует о нарушении равновесия моста. В надшахтном строении находится генератор акустической частоты G, питаемый сетью или, в случае отсутствия напряжения в сети, аварийным источником. Во время нормальной работы подъема акустическая частота генератора питает петлю *4* при помощи усилителя мощности WM и глушителя T. Частота генератора 8,5 *кгц* гарантирует отсутствие возможных влияний чужих импульсов. Система контроля передаточного устройства состоит из указателей W_1 и W_2. Предохранитель Z обеспечивает непрерывность цепи в случае повреждения указателя W_1, который последовательно включен в сеть петли.

На сильный электромагнитный сигнал, полученный из петли, реагирует соответственно настроенная приемная система подъемных сосудов. Сигнал принимается антенной A, усиливается аварийным усилителем WA и действует на реле, которое передает импульс непосредственно приводным системам захватов ловителя K_1—K_4. Аварийный усилитель вместе с контрольным WK, сигнальной системой US и батареей B, питающей приемную систему, находятся в верхней части сосуда. Для контроля работы приемника предусматриваются лампочки, сигнализирующие напряжение включения, изменение контрольного сигнала в петле, наличие питания от батареи, а также правильную работу контрольной аппаратуры.

Сущность нового решения приводной системы заключается в действии пиротехнического двигателя на механическое устройство, снабженное захватами ловителя. Парашют, предназначенный для взаимодействия с деревянными проводника-

ми при помощи первоначального прижатия самотормозящих захватов к проводникам, включается вследствие вспышки в камере сгорания *1* пиротехнического заряда *2* (рис. 2). Образовавшиеся газы давят на промежуточный поршень *3*, который в свою очередь давит на уплотняющую жидкость *4*, вызывая

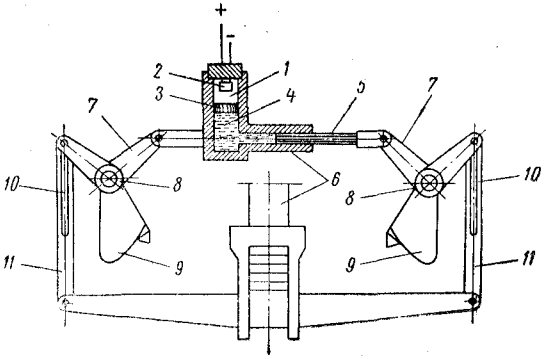


Рис. 2. Схема пиротехнического двигателя парашютов для деревянных проводников

выдвижение рабочего поршня *5* из цилиндра *6*. Движения поршня через рычаги *7*, заклиненные на валиках *8*, передаются захватам парашюта *9*. Создание двигателем рабочего движения захватов и частичное проникновение их зубьев в проводник, благодаря соответствующей конструкции, вызывает дальнейший самодействующий процесс торможения под влиянием веса сосуда. На рис. 2 представлена возможность применения нового решения к существующим парашютам, действующим непосредственно. Независимость действия возможна благодаря продолговатым отверстиям *10* в тягах *11* непосредственного включателя.

Для привода взаимодействующих со стальными проводниками захватов ловителя сначала предусматривалось непосредственное действие на них поршня, выдвигаемого под давлением газов, образовавшихся после сгорания пиротехнического заряда [2]. К сожалению, эта система имеет ряд недостатков. Привод не гарантирует сохранение непрерывной силы торможения в течение продолжительного времени, поскольку давление газов, как показали исследования [6], быстро падает. Приме-

нение между поршнем и камерой сгорания жидкости улучшает непроницаемость системы поршень—цилиндр, однако во время сгорания заряда газы с высоким давлением перемешиваются с жидкостью, снижая свою упругость, что мешает получить нужную силу работы привода. Такое решение не годится для продолжительного торможения, которое обычно имеет место во время аварии.

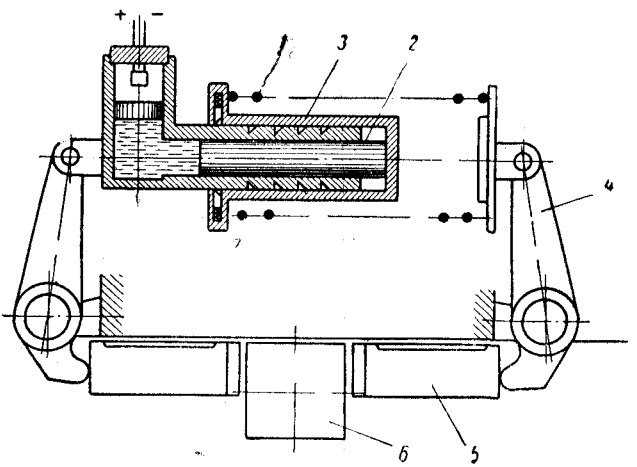


Рис. 3. Схема пиротехнического двигателя парашютов для металлических проводников

В новом решении (рис. 3) использовалась только начальная кратковременная максимальная сила привода, которая вызывает сжатие пружины *1* рабочим поршнем *2* и связанного с ним стакана *3*. Нажим сжатой пружины через рычаг *4* передается на захваты *5*, обхватывающие проводник *6*. Введение стопорной собачки *7* предохраняет поршень от обратного движения, вследствие снижения упругости газов. Благодаря этому после кратковременного действия пиротехнического привода получаем дальнейшее длительное воздействие с постоянной силой от сжатой пружины. Величина ее сжатия, а тем самым сила привода, зависит от величины пиротехнического заряда.

Таким образом, конструкции новых парашютов имеют существенное преимущество перед старыми, так как включение парашюта не зависит от места и условий обрыва каната. Положительна также возможность в любой момент получить импульс

включения, переданный машинистом или кем-нибудь другим, например, в случае скольжения каната на шкиве трения.

Испытания парашютов новой конструкции с учетом динамики клетей во время их движения проводились в 1965—1966 гг. на кафедре Стволовых устройств Горнометаллургической академии в Кракове под руководством Кавецкого. Опыты проходили в помещении на специально приспособленном копер-стенде. Две клети оборудовались парашютами нового типа, причем одна приспосабливалась к проведению опытов с деревянными проводниками, а другая со стальными. В последнюю вмонтировались две приводные пиротехнические системы в верхней и нижней части клети.

Оба парашюта включались одинаковыми электронными устройствами в зумпфе, в надшахтном строении и в клети. Стенд был оборудован устройствами, позволяющими статически исследовать прототипы парашютов при подвешенной клети (при этом велись наблюдения за надежностью включающей и приводной систем), а также динамически исследовать парашюты в условиях, отвечающих обрыву подъемного или подвесного каната.

Стенд (рис. 4) оборудован проводниками *1*, лебедкой, клетью с противовесом, подвесным канатом, системой, включающей парашют, включателем в зумпфе или в стволе, приемной и передаточной установками в клети. Лебедка *2* с подъемным канатом *3*, несколько раз охватывающим шкив *4*, поднимала клеть *5*, нагруженную шахтной вагонеткой. Противовес *6* с сосудом соединялся отдельным канатом *7*, направляемым шкивом *16*. Канат прикреплялся или к клети, или к ее прицепному устройству *9* так, чтобы после отцепления клети подвесной канат *8* мог свободно падать. Прицепное устройство, соединяющее клеть с подъемным канатом, позволяло отцеплять его в любой момент и в любом месте в стволе. Отцепление осуществлялось разъединительным приспособлением *10* на копре, которое в зависимости от положения могло действовать при движении сосуда вверх или вниз. Специальное приспособление для отцепления подвесного каната создавало условия аналогичные его обрыву.

Включатель, посылающий импульс к парашютам, находился в зумпфе *11* или в любом другом месте ствола *12*. В этом последнем случае создавалась возможность принимать путь свободного падения сосуда любой величины. Включатель соединялся с передаточной системой *13*, расположенной рядом

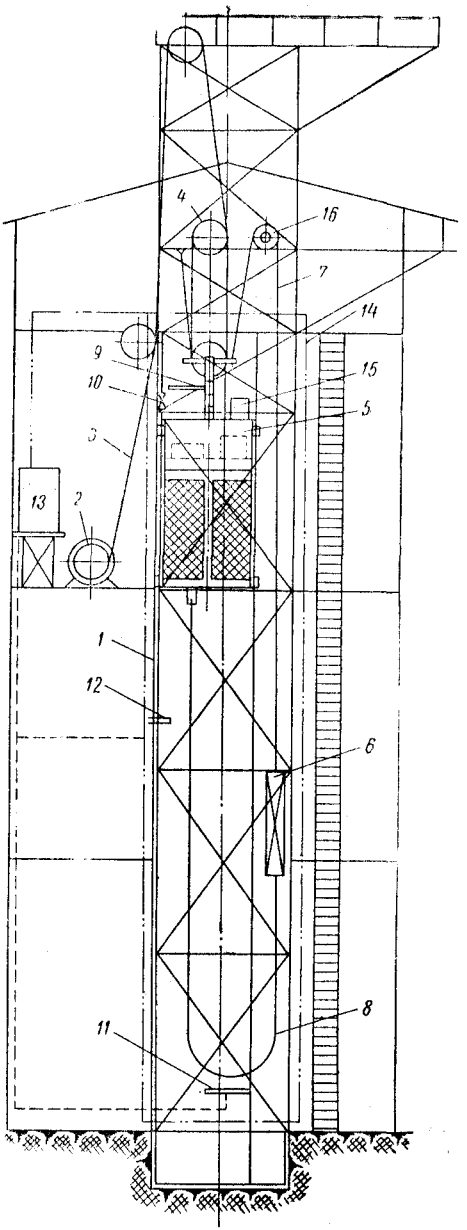


Рис. 4. Стенд для испытания парашютов

с приводной лебедкой. Импульс передаточной системой передавался пиротехническим двигателем приводной системы при помощи петли *14* и приемной антенны *15* на клети.

Статические исследования заключались в измерениях составных времени запаздывания действия прототипов парашютов, влияющих на период свободного падения сосудов от момента обрыва каната до начала торможения. Свободное падение сосудов является следствием запаздывания действия включающе-приводной системы, причем полное опоздание будет

$$T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3.$$

ΔT_1 включает время с момента обрыва подъемного каната до момента, когда срабатывает включатель в зумпфе ствола. Оно вытекает из запаздывания действия включающего устройства и зависит от места обрыва каната и от вертикального пути, который должна совершить петля подвесного каната после обрыва подъемного. Теоретический анализ [6] показывает, что ΔT_1 является самым существенным временем опаздывания действия парашюта, причем, если путь петли подвесного каната $C = 1{,}5$ *м*, оно в наименее благоприятном случае может составить 0,8 *сек*.

Время запаздывания ΔT_2 включает период передачи импульса от включателя в зумпфе к заряду взрывчатого вещества в камере пиротехнического двигателя и вызывается запаздыванием действия передатчиков в приемно-передаточной системе, а также вспышки заряда. Продолжительность периода ΔT_2 измерялась во время статических опытов обоих типов пиротехнических двигателей тензометрами сопротивления, мостами «Хемитер» и трехшлейфовым осциллографом, сконструированным Научно-исследовательским электроэнергетическим институтом во Вроцлаве. Этой же аппаратурой измерялась продолжительность периода ΔT_3, включающего холостой ход приводной системы до прикосновения захватов к проводникам.

Эти измерения, подтвержденные подробным теоретическим анализом и пополненные добавочными измерениями, произведенными фотокамерами, доказали, что передаточно-приемная система прототипов парашютов дает запаздывание равное сумме времени $\Delta T_2 + \Delta T_3$ в пределах до 0,13 *сек* для парашютов, взаимодействующих с деревянными проводниками, и до 0,1 *сек* для взаимодействующих со стальными.

Во время этих опытов необходимый для срабатывания пиротехнических двигателей импульс получали при помощи включателя в передаточной системе, предназначенного для маши-

ниста подъема. Для проверки отцепляли также подвесной канат, пользуясь передачей импульса от включателя в зумпфе. Несколько сотен проведенных опытов доказали полную надежность действия включающих и приводных систем обоих типов парашютов.

Динамические исследования заключались в отцеплении клетей и их торможении. Для образования импульса во включающем устройстве пользовались включателем в зумпфе или стволе в зависимости от величины пути свободного падения сосуда. Во время опытов измерялись кинематические и динамические параметры и проверялось время отдельных составных запаздывания действия парашютов. Для записи измерений использовались аппараты Хоттингер—Хеллиге, благодаря которым можно было непосредственно наблюдать за опытом. Изменения ускорения g в пределах 0,05—20 *м/сек²* измерялись прикрепленным к верхней части клети индуктивным аппаратом для ускорений типа B1-500 фабрики Хоттингер. Кривые сил, вызывающих движение приводной системы или же образованных сжатой пружиной (в случае стальных проводников), записывались тензометрами.

Первоначально велись динамические исследования взаимодействий приводной системы с деревянными проводниками. Было проведено десять опытов с отцеплением клети; для пяти из них зафиксированы следующие данные ($g=9{,}81$ *м/сек²*):

Опыт	1	2	3	4	5
Свободный ход сосуда					
Ускорение a_w, *м/сек²*	0,9g	0,87 g	0,87 g	0,92 g	0,87 g
Начальная скорость V_0, *м/сек*	0,3	0,35	0,3	0,3	0,3
Конечная скорость $V_к$, *м/сек*	3,25	3,45	4,51	5,44	7,5
Путь c_w, *м*	0,60	0,75	1,23	1.57	3,35
Полное время T, *сек*	0,35	0,39	0,51	0,58	0,87
Опоздание включения ΔT_2, *сек*	0,06	0,055	0,05	0,065	0,065
Опоздание движения захватов ΔT_3, *сек*	0,035	0,035	0,04	0,04	0,035
Торможение					
Максимальное замедление $a_н$, *м/сек²*	5,15 g	5,5 g	7,9 g	9 g	6,8 g
Время $t_н$, *сек*	0,1	0,1	0,125	0,11	0,165
Путь $c_н$, *м*	0,2	0,225	0,3	0,38	0,59

Описывая поочередно запись осциллограммы снизу вверх (рис. 5), получим зависимости: $V(t)$, $a(t)$, показатель времени t, через каждые 0,5 *сек* посылающий импульсы, кривую силы, вызывающей торможение $P(t)$ и опоздание включающего импульса. На ленте обозначены соответствующие составные периоды опоздания включающей системы ΔT_2 и ΔT_3, а также время свободного падения t_w и торможения $t_н$.

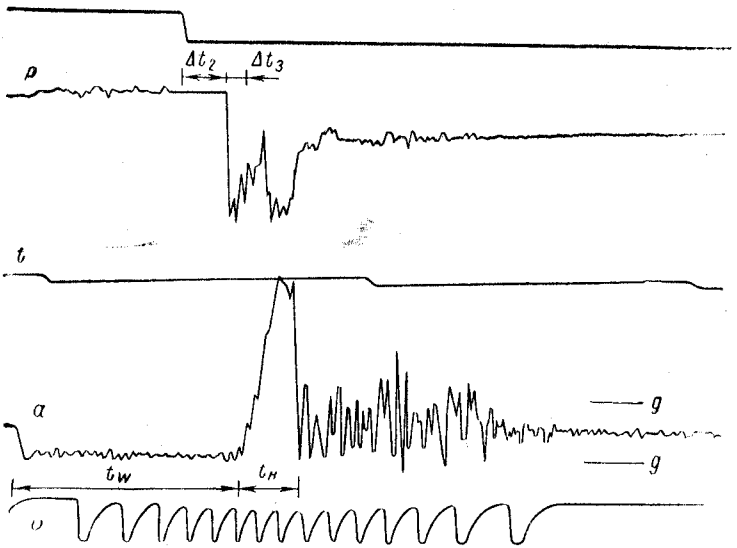


Рис. 5. Осциллограмма результатов испытаний парашютов на стенде

Из полученных осциллограмм были сделаны графики (рис. 6) изменения кинематических параметров $a(t)$, $V(t)$, $C(t)$. Так как в некоторых случаях не фиксировалось изменение скорости, например, при включении подвесным канатом, тогда кривая получалась планиметрированием соответствующей площади под кривой ускорения. Следует отметить здесь получение переменного во времени замедления при торможении, которое в проведенных опытах было равно более чем $5g$ и даже доходило до $9g$. Непосредственной причиной таких значительных величин замедления было, вероятно, неравномерное удельное сопротивление резания дерева по всей длине проводника.

Динамические исследования приводной системы, взаимодействующей со стальными проводниками, проводились аналогично. В общей сложности было проведено 25 опытов включения парашюта во время свободного падения клети включателем, который управляется подвесным канатом. В опытах коэффициент трения μ колебался в пределах от 0,19 до 0,24 для

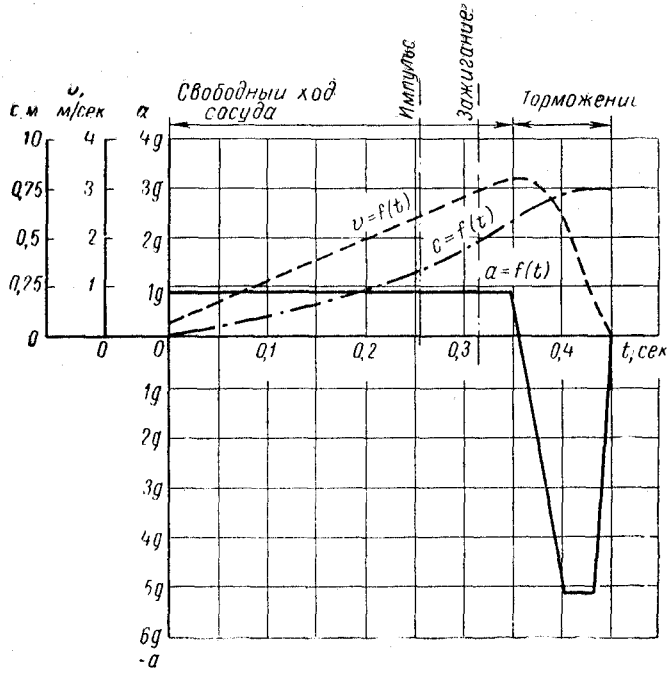


Рис. 6. Графики изменения кинематических параметров

сухих проводников и от 0,1 до 0,125 для смазанных смазкой *ST—S* или же влажных и смазанных. В таких условиях было получено среднее замедление от 0,5 g до 2,5 g на пути от 0,36 до 2,07 *м*.

Выводы

Проведенные опыты окончились позитивным результатом — надежным действием парашютов, взаимодействующих как с деревянными, так и со стальными проводниками. Они доказа-

ли полную пригодность парашютов для промышленных целей. Новая включающая система действует независимо от факторов, обусловливающих действие прежних включающих устройств. Преимущество нового устройства перед применяемыми до сих пор несомненно.

Отдельным вопросом является конструкция таких тормозных захватов при деревянных проводниках, которые создавали бы замедление, удовлетворяющее правилам безопасности (всегда меньше 30 *м/сек*^{2}).*

При наличии стальных проводников проблема торможения сосудов является также сложным вопросом. Ни в одном из записанных опытов замедление не было постоянным, как это обычно принимается при вычислениях. Оно зависит от многих факторов и требует дальнейших серьезных исследований. Однако конструкция приводной системы парашютов при наличии стальных проводников предпочтительнее, так как позволяет вычислить величину замедления торможения в зависимости от изменений практических условий из-за применения соответствующей величины заряда врывчатого вещества.

Исследования парашютов на одной из шахт, планируемые в промышленном масштабе, дадут возможность провести дальнейший анализ процесса торможения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кохманьски Т., Огожалэк Я., Вальчевски Я., Кибиньски Я. Включающие устройства тормоза аварийного подъема. Патент ПНР № 47980.

2. Кохманьски Т., Огожалэк Я., Вальчевски Я., Кибиньски Я. Приводная система аварийных тормозов. Патент ПНР № 47404.

3. Кохманьски Т., Кавецки З., Клих А., Кноп Х., Кибиньски Я., Стахурски Ю., Огожалэк Я., Вальчевски Я. Приводная система аварийных тормозов. Патент ПНР № 53895.

4. Кохманьски Т., Кавецки З., Клих А., Кноп Х., Кибиньски Я., Стахурски Ю., Огожалэк Я., Вальчевски Я. Включающее устройство аварийного тормоза (представлено к патенту ПНР № Р-116379).

5. Кохманьски Т., Кавецки З., Клих А., Кноп Х., Кибиньски Я., Стахурски Ю., Огожалэк Я., Вальчевски Я. Пиротехнические включающие устройства самотормозящих парашютов подъемных сосудов (представлено к патенту ПНР № Р-116562).

6. Клих А. Проблемы кинематики и динамики новых типов парашютов в период свободного падения подъемных сосудов. Науч. ж. Горно-металлург. акад., Краков, 1966.

* По правилам безопасности СССР — до 50 *м/сек*^{2} или 5*g* (примеч. ред.).