

УДК 331.46:621.869:656.13

С. Д. Галюжин, канд. техн. наук, доц., В. М. Пускова, М. И. Рущкий

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРОИТЕЛЬНО-ДОРОЖНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Изложены результаты анализа семи тяжелых несчастных случаев, произошедших на предприятиях Могилевской области, четыре из которых имели смертельный исход. Из рассмотренных несчастных случаев два произошли при эксплуатации погрузчиков, четыре – автомобилей и один – бульдозера.

Ряд несчастных случаев, произошедших в организациях Могилевской области, показывает, что зачастую они происходят по причине отказа (поломок) строительно-дорожных и транспортных машин или же из-за невыполнения требований их безопасной эксплуатации обслуживающим персоналом. Приведем некоторые из них.

1. При выполнении погрузочных работ погрузчиком фронтальным одноковшовым ТО-18 Б произошел отрыв рукава резинового высокого давления от наконечника присоединения к штуцеру гидроцилиндра управления ковшом и разрушение этим рукавом переднего стекла кабины погрузчика (рис. 1, поз. А).



Рис. 1. Вид погрузчика после происшествия

При этом тракторист-машинист, управляющий погрузчиком, получил тяжелую травму глаз. Погрузчик принадлежит открытому акционерному обществу «Говяды-агро» Шкловского района Могилевской области.

Подвод рабочей жидкости к ковшовому гидроцилиндру осуществлен двумя гибкими рукавами высокого давления РВД 20-23-2250-УО1 с неразъемными наконечниками. Один из рукавов 1 от наконечника 2 присоединения к штуцеру

ковшового гидроцилиндра был оторван во время аварии (рис. 2).

Рукав РВД 20-23-2250-УО1 состоит из наконечника и рукава резинового высокого давления 20х33-32-3-У ТУ 38 605111-90. Наконечник (рис. 3) содержит накидную гайку 3, ниппель 4 и муфту 5. Конец рукава насаживается на ниппель 4 и затем закрепляется методом обжатия по наружной и торцевой со стороны гайки поверхностям муфты 5.



Рис. 2. Вид поврежденного рукава

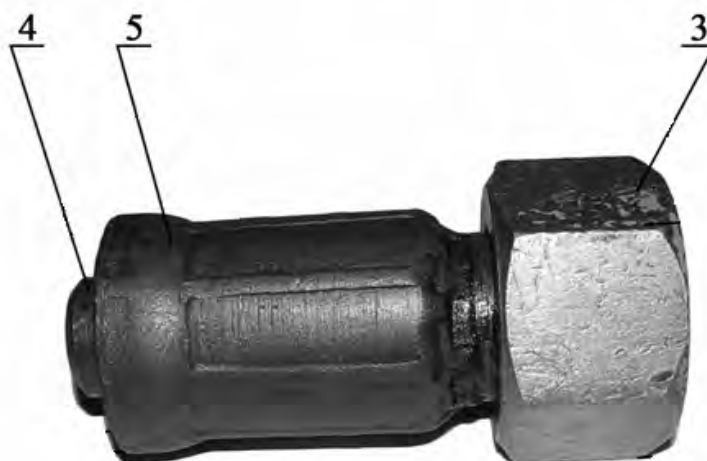


Рис. 3. Вид наконечника рукава

При осмотре муфты поврежденного наконечника выявлено, что ее обжатие производилось в два этапа. Видны следы первичного (неполного) обжатия. Особенностью гидросистемы погрузчика ТО-18Б [1] является то, что она выполнена совмещенной, содержащей контуры погрузочного оборудования и рулевого управления. Кроме этого, для работы погрузочного оборудования в гидросистеме использовано более высокое рабочее максимальное давление жидкости 20 МПа по сравнению с предшествующими моделями (у ТО-18 – 16 МПа, у ТО-18А – 17,5 МПа). Применен предохранительный клапан, состоящий из соединенных между собой переливного и вспомогательного клапанов. Устройство вспомогательного клапана изображено на рис. 4, который со-

держит полый корпус 1. Внутри корпуса вставлено седло 2, которое связано с заглушкой 3 с помощью хвостовика, при этом исключается их осевое перемещение друг относительно друга. Заглушка 3 в корпусе 1 зафиксирована стопорным кольцом 4. К коническому отверстию седла 2 пружиной 5 прижат клапан настройки 6. Усилие пружины 5 регулируется болтом 7. Внутри седла 2 помещен стержень 8, взаимодействующий с клапаном настройки 6. Полость стержня 8 соединена каналом с линией давления II переливного клапана (на рис. 4 не показано). Полость седла III соединена каналом с полостью III переливного клапана, а клапана настройки I соединена с полостью I переливного клапана.

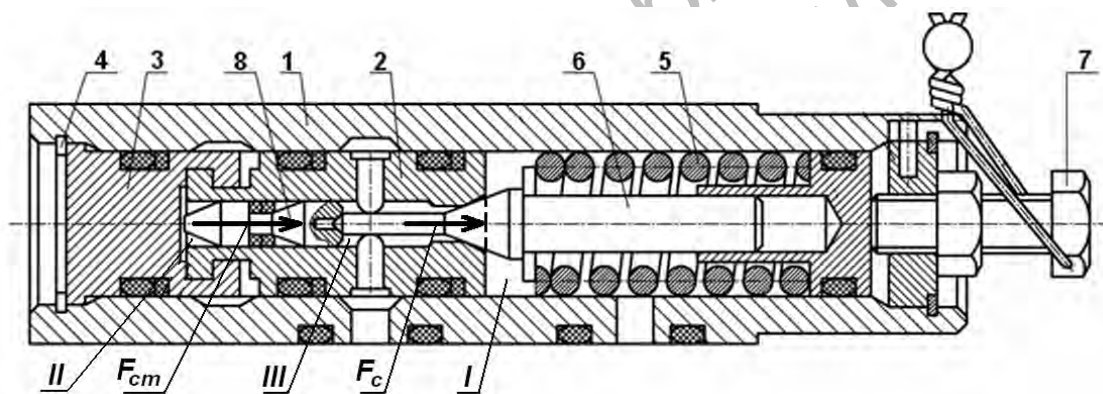


Рис. 4. Вид предохранительного клапана

В результате анализа технического состояния вспомогательного клапана установлено, что из-за разрушения заглушки (рис. 5) предохранительный клапан был не работоспособный.

Это обусловлено тем, что при разрушении проушины заглушки вспомогательного клапана (которая удерживала в корпусе седло от осевого перемещения) седло получило возможность осевого перемещения под воздействием осевой силы, обусловленной давлением в полости II вспомогательного клапана. При этом коническое отверстие в седле всегда будет

закрыто, т. к. осевая сила, действующая на седло F_c , значительно больше осевой силы, действующей на стержень F_{cm} .

На рис. 5, а изображен общий вид заглушки. Проушина заглушки 3, служащая для установки хвостовика седла 2, была разрушена. На рис. 5, а–в стрелками Д показано место разрушения.

При проведении экспертизы установлено, что конструктивное решение взаимосвязи заглушки 3 и седла 2 (см. рис. 4) вспомогательного клапана в виде проушины недоработано, т. к.:

1) в сочленении деталей действует

осевая пульсирующая сила F_c , изменяющаяся от 0 до 3627 Н (при исправном клапане);

2) проушина заглушки имеет стенки разной толщины: наибольшая равна 2 мм, а наименьшая – 1,2 мм (см. рис. 5), что при термообработке приводит к концентрации напряжений в этом сечении и зачастую вызывает микротрещины. Харак-

тер разлома в обследуемой заглушке свидетельствует о том, что при ее изготовлении в упомянутом сечении возникла микротрещина, которая в процессе эксплуатации под воздействием пульсирующей силы F_c стала расширяться, что привело к разрушению заглушки.

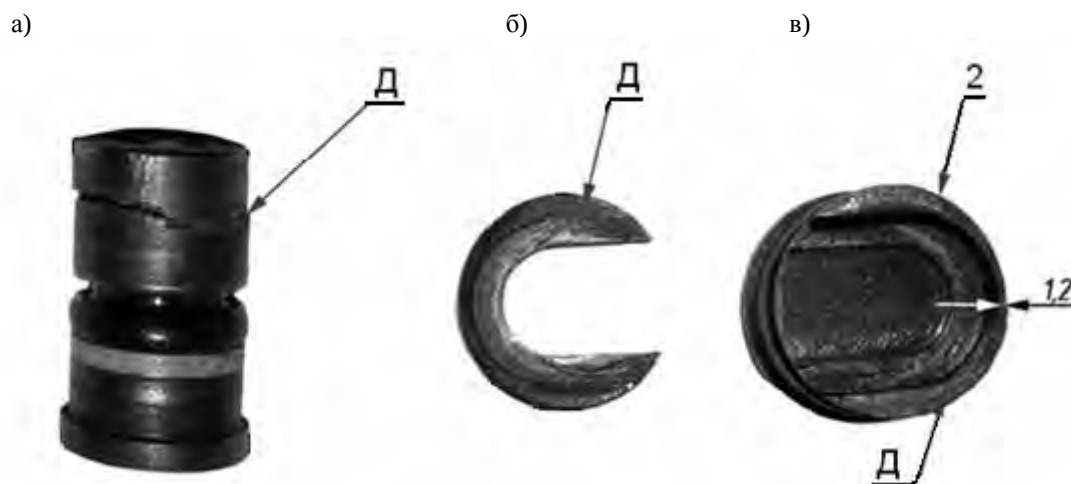


Рис. 5. Вид заглушки

На обследуемом погрузчике в гидросистеме рабочего оборудования установлен насос 3103.112-03 ТУ22-1.020-51-87 [1]. Насос такой модели создает максимальное давление $p_{н.мах} = 35$ МПа. Согласно ТУ22-169-10 – 92 минимальное разрывное давление обследуемого рукава высокого давления должно быть равно 92 МПа, что в 2,6 раза больше максимального давления насоса.

Причинами самопроизвольного отсоединения рукава от наконечника, что повлекло несчастный случай, явились:

- несовершенство конструкции предохранительного клапана, обусловившее его поломку и приведение к превышению выше максимально допустимого (20 МПа) давления в гидросистеме погрузчика;

- некачественное обжатие резинового рукава муфтой наконечника на ниппеле при изготовлении, что привело к срыву наконечника при давлении меньшем в

2,6 раза минимально допустимого разрывного давления для рукава.

2. При производстве работ по уборке склада материальных ценностей открытого акционерного общества ОАО «Осиповичская райсельхозхимия» произошел разрыв указателя давления, установленного на фронтальном погрузчике Д-660, в результате которого тракторист-машинист, работающий на этом погрузчике, получил тяжелую травму левого глаза.

При проведении экспертизы выявлено, что установленный самовольно трактористом-машинистом в пневмосистему погрузчика для проверки указателя давления вместо вышедшего из строя штатного является одним из комплекта тягонапоромеров ТНМП-100-200, хранившихся на складе. Он не предназначен для установки в пневмосистемах мобильных машин в качестве указателей

давления, в том числе и на фронтальном погрузчике Д-660. Верхний предел измерения давления тягонапоромера ТНМП-100-200 был существенно меньшим, чем верхний предел рабочего давления в пневмосистеме погрузчика. Так, допустимое измеряемое давление ТНМП-100-200 составляет $2 \cdot 10^3$ Па, а допустимый верхний предел рабочего давления пневмосистемы погрузчика Д-660 – $7,5 \cdot 10^5$ Па, т. е. давление в пневмосистеме погрузчика в 375 раз больше, чем то, которое можно измерить прибором ТНМП-100-200.

Тягонапоромер ТНМП-100-200 не предназначен для измерения таких высоких давлений и его коэффициент перегрузки при избыточном давлении в соответствии с п. 2.1.4.1 ГОСТ 2405-88 составляет 1,25, что значительно меньше 375. Поскольку был значительно превышен коэффициент перегрузки прибора, то произошел разрыв мембранной коробки и фрагментами стекла и других элементов прибора тракторист-машинист получил тяжелую травму глаз.

Причиной несчастного случая явились нарушения трактористом-машинистом требований инструкции по эксплуатации погрузчика, выразившиеся в самовольной установке в пневмосистеме погрузки вместо штатного указателя давления тягонапоромера ТНМП-100-200, не предназначенного для этих целей.

3. При загрузке грузового автомобиля «Рено SM8» на прискладовой площадке секции № 3 склада № 4 учреждения «Знамя» г. Могилева произошел самопроизвольный запуск двигателя и движение автомобиля, в результате которого водитель автомобиля получил травму со смертельным исходом.

При экспертизе установлено, что загрузка кузова автомобиля «Рено SM8» осуществлялась с помощью вилочного электропогрузчика ЭП-205 через двери, расположенные в задней части кузова автомобиля. Автомобиль при погрузке находился на прискладовой площадке. При ее осмотре уклонов, выбоин и других де-

фектов твердого покрытия не выявлено. Стены склада выполнены из кирпича и на расстоянии около 2 м от двери склада и дальше, примерно через каждые 5 м, имеют выступы (пилястры) наружу на 130...140 мм. На третьем выступе (от двери склада) на высоте 1,4 м от покрытия площадки имелись следы голубой краски, принадлежащей автомобилю, а на высоте 1,55 м – сколы края кирпичной кладки выступа.

По информации очевидцев во время погрузки двигатель автомобиля был заглушен, а водитель находился вне кабины. В процессе погрузки электропогрузчик ЭП-205 погружаемым материалом толкнул автомобиль, в результате чего самопроизвольно завелся двигатель и автомобиль начал движение. Водитель попытался остановить автомобиль, открыл левую дверцу, но был травмирован задним левым колесом. Автомобиль был остановлен водителем электропогрузчика.

При экспертизе выявлено, что автомобиль не был поставлен водителем на стояночный тормоз, находился с включенной передачей и рейка топливного насоса была в положении запуска двигателя.

При осмотре автомобиля выявлены повреждения (царапины, частичное снятие краски) на высоте 1,2...1,4 м от основания на левой двери кабины, а также повреждения ручки (немного отогнута). Эти повреждения возникли при соприкосновении двери автомобиля с выступом стены склада. При анализе технического состояния тормозной системы автомобиля «Рено-SM8» установлено, что автомобиль оборудован рабочей и стояночной тормозными системами, что соответствует ГОСТ 25478-91. Рабочая тормозная система двухконтурная с пневмоприводом. Номинальное давление в системе 1 МПа. Стояночная тормозная система включается кнопкой и снабжена энергоаккумуляторами, установленными на кронштейнах заднего моста автомобиля.

При включении стояночной тормозной системы воздух выходит из энергоаккумуляторов и происходит торможение автомобиля независимо от наличия давления в пневмосистеме. При ее выключении воздух поступает в энергоаккумуляторы и происходит растормаживание.

Был проведен эксперимент по проверке привода рабочей тормозной системы, в результате которого установлено, что тормозная система заполняется воздухом до номинального давления в течение 5 мин. ГОСТ 25478-91 регламентирует следующее, что «нарушение герметичности пневматического тормозного привода не должно вызывать падение давления воздуха при неработающем двигателе более, чем на 0,05 МПа (0,5 кгс/см) от величины нижнего предела регулирования регулятором давления (1 МПа) в течение:

- 30 мин – при свободном положении органов управления тормозной системы;
- 15 мин – после полного приведения в действие органов управления тормозной системы. Установлено, что рабочая тормозная система соответствует требованиям ГОСТ 25478-91, т. к. падение давления в течение 30 минут не происходило.

Был проведен эксперимент по проверке стояночной тормозной системы. В соответствии с ГОСТ 25473-91 для проверки предусматриваются дорожные испытания путем затормаживания автотранспортного средства (АТС) стояночной тормозной системой на уклоне 16 % для полной массы АТС или на уклоне 31 % для АТС в снаряженном состоянии. Эксперимент подтвердил удержание автомобиля Рено-SM8 снаряженной массы 6520 кг на уклоне более 31 % (≈ 34 %) при включенной стояночной тормозной системе, при номинальном давлении в системе и при нулевом давлении в пневмоприводе тормозной системы. Стояночный тормоз автомобиля «Рено-SM8», а также системы передних и задних его тормозов находились в технически исправном состоянии.

Причиной несчастного случая явилось то, что автомобиль не был поставлен

водителем на стояночный тормоз, находился с включенной передачей и рейка топливного насоса была в положении запуска двигателя, что является нарушением «Правил охраны труда на автомобильном транспорте» [2]. При остановке автомобиля водитель, покидая кабину, должен обезопасить его от самопроизвольного движения (выключить зажигание или прекратить подачу топлива, установить рычаг переключения передач (контроллер) в нейтральное положение, затормозить стояночным тормозом).

4. В автопарке колхоза «Коминтерн» Могилевского района Могилевской области при снятии правого наружного колеса заднего моста автомобиля МАЗ-5337 произошел его самопроизвольный сброс.

Автомобили МАЗ снабжены колесами бездисковой разборной конструкции по ГОСТ 10409-74. Колеса (рис. 6) к ступице 1 крепятся шестью прижимами 2 с помощью болтов 3 и гаек 4.

Каждое из колес в сборе содержит шину 5, камеру 6, ободную ленту 7, обод 8, бортовое 9 и замочное 10 кольцо. На ступицах заднего моста автомобиля МАЗ устанавливается по два колеса в сборе, внутреннее и наружное. Между колесами на ступице расположено проставочное кольцо [3].

Такая конструкция колес характеризуется повышенной опасностью, т. к. возможен их самопроизвольный демонтаж. Это подтверждается и анализом ряда несчастных случаев, изложенных ниже.

При проведении расследования установлено, что борт шины внутреннего (смежного с наружным) колеса имел надрез (был поврежден).

При сборке внутреннего колеса в этот разрез была установлена часть разрезного замочного кольца, в результате чего замочное кольцо не полностью зашло под торец борта шины и было закреплено только по кромке в замочной

канавке обода. Кроме этого, используемые при монтаже внутреннего колеса обод и замочное кольцо были существенно повреждены ржавчиной, в том числе и соприкасаемые поверхности замочной канавки обода и буртика замочного кольца. При этом воздух из камеры внутреннего колеса не был выпущен, т. е. в камере было высокое давление (около 0,79 МПа). Это обусловило самопроизвольный демонтаж внутреннего колеса, в результате

чего произошло взаимодействие борта его шины с наружным колесом в тот момент, когда слесарь, сняв гайки и прижимы, осуществлял снятие наружного колеса. При этом воздействием борта шины внутреннего колеса, находящегося под давлением воздуха, был осуществлен сброс наружного колеса. В результате слесарь, выполняющий эту работу, получил травму со смертельным исходом.

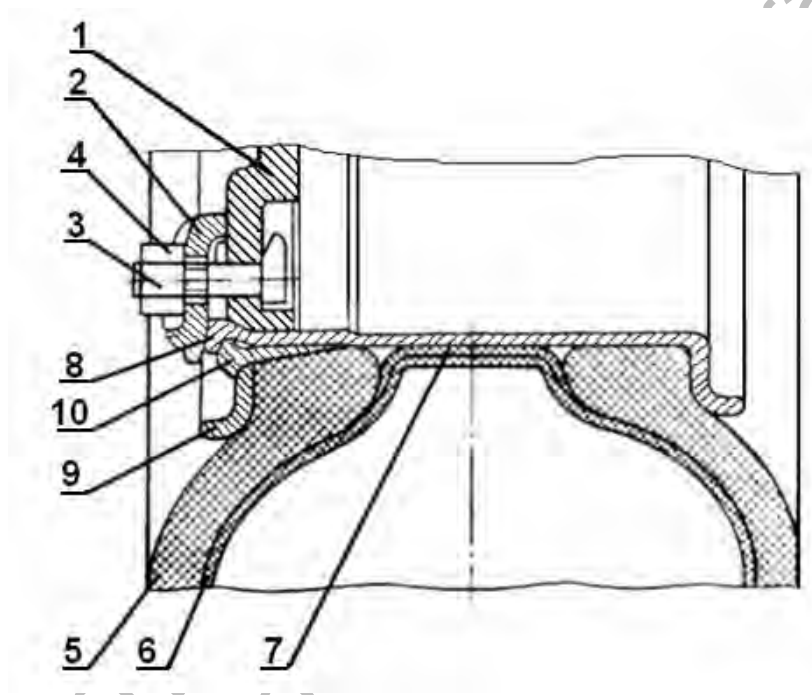


Рис. 6. Схема установки бездисковых разборных колес на ступице автомобиля

Причинами несчастного случая явились:

- нарушение слесарем требований безопасности, изложенных в нормативной документации, выразившихся в снятии со ступиц колес «с невыпущенным из шин воздухом» [3];

- некачественная сборка колеса, выразившаяся в использовании при сборке шины с поврежденным (разрезанным) бортом, в разрез которого было вставлено замочное кольцо.

5. На автодороге М-1 «Беларусь» в Ярцевском районе Смоленской области

(Россия) при замене правого колеса передней оси на автомобиле МАЗ-5551, принадлежащему Республиканскому унитарному дочернему Могилёвскому автотранспортному предприятию «Грузовой автомобильный парк № 3», произошло разрушение обода правого переднего колеса.

При расследовании выявлено, что установленный на правом переднем колесе обод автомобиля имел дефекты: был поврежден коррозией, имел усталостные трещины на поверхности, в зоне которых материал обода был ослаблен.

Из-за дефектов в ободе при эксплуатации произошло его разрушение: разрыв двух

участков обода возле вентильного отверстия (рис. 7).



Рис. 7. Обод бездискового разборного колеса, поврежденный при эксплуатации

Водитель, обнаружив неисправность, приступил к замене колеса. Воздух из колеса предварительно не был выпущен. При снятии гаек и прижимов было ослаблено силовое воздействие на замочную сторону обода и действием давления воздуха в камере осуществлен дальнейший его разрыв справа от вентильного отверстия (см. рис. 7). Воздействием борта шины, находящейся под давлением воздуха, осуществлён сброс бортового кольца, в результате чего водитель этого предприятия получил травму со смертельным исходом.

Причинами несчастного случая явились:

- нарушение водителем требований безопасности, изложенных в нормативной документации, выразившихся в снятии со ступицы колеса «с невыпущенным из шин воздухом» [3];

- некачественная сборка колеса, выразившаяся в использовании при сборке

поврежденного коррозией обода.

6. В гараже дорожно-строительного управления № 53 ОАО «Автомобильная магистраль» г. Могилева при демонтаже правого наружного колеса заднего моста автомобиля МАЗ-5551 из-за разрушения бортового кольца (рис. 8) произошел самопроизвольный его сброс.

При расследовании выявлено, что установленное на правом наружном заднем колесе автомобиля бортовое кольцо имело существенный дефект изготовления: некачественный сварной шов, выразившийся в несплавлении части торцовых свариваемых поверхностей. Из-за этого дефекта в бортовом кольце при воздействии статических и динамических нагрузок произошло разрушение сварного шва данного кольца (разрыв в зоне сварного шва). В результате этого бортовое и замочное кольца были самопроизвольно демонтированы и внутренний борт шины под давлением

воздуха в камере вошел в соприкосновение с шиной смежного колеса. Так как воздух из шин не был выпущен, возникло осевое усилие, действующее на наружную шину с ободом, которое уравнове-

шивалось усилием затяжки гаек крепления обода колеса. При замене колеса путем снятия гаек и прижимов было ослаблено крепление колеса к ступице.



Рис. 8. Бортовое кольцо бездискового разборного колеса, поврежденное по сварочному шву

При снятии последней гайки под действием упомянутого выше осевого усилия произошел срыв последних витков резьбового соединения гайки с болтом и вылет гайки с прижимом. Затем под действием упомянутого осевого усилия произошел самопроизвольный сброс наружной шины со ступицы заднего моста. При этом водитель получил травму с тяжёлым исходом.

Причинами несчастного случая явились:

- нарушение водителем требований безопасности, изложенных в нормативной документации, выразившихся в снятии со ступицы колеса «с невыпущенным из шин воздухом» [3];
- некачественная сборка колеса, выразившаяся в использовании при сборке ободного кольца, имевшего существенный

дефект изготовления; некачественный сварной шов.

7. Машинист бульдозера унитарного коммунального дочернего снабженческого предприятия (УКДСП) «УПТК Облдорстрой» на бульдозере ДЗ-171.1 при выполнении работ по планировке грунта на откосах карьера «Козуличи» Кировского района Могилевской области получил травму со смертельным исходом.

При осмотре бульдозера выявлены:

- неисправность топливной аппаратуры, т. к. при попытке передвижения бульдозера задним ходом вверх по склону на 2-й, а затем на 1-й передачах двигатель останавливался;
- отсутствие защелки на горном тормозе;
- наличие пятен крови на топлив-

ном баке и корпусе бульдозера с левой стороны, а также в его средней части и спереди возле отвала.

В ходе расследования установлена возможная последовательность событий происшествия. При движении задним хо-

дом на второй передаче вверх по откосу у бульдозера на отметке А (93 м от низа откоса) самопроизвольно из-за неисправности топливной аппаратуры остановился двигатель (рис. 9).



Рис. 9. Вид места несчастного случая

Машинист выжал сцепление, установил реверс в положение «нейтраль» и вышел из кабины, чтобы разобраться в причине остановки. Он стал на гусеницу бульдозера и решил проверить наличие топлива в баке. В этот момент бульдозер начал перемещаться вниз, зажав тело машиниста между левой гусеницей и подножкой, смертельно травмировав его.

После ремонта топливной аппаратуры и установки защелки горного тормоза эксперты провели эксперименты по оценке работоспособности механизмов бульдозера.

Эксперимент 1. Бульдозер был установлен в точке А (на отметке 93 м от низа карьера), реверс установлен в «нейтраль», отвал опущен на землю и ножной тормоз отпущен. При этом бульдозер передвинулся вниз по склону на 20...30 см и остановился из-за заглупления отвала в грунт.

Эксперимент 2. Бульдозер возвра-

щен в исходную точку А, отвал поднят, реверс установлен в «нейтраль», горный тормоз затянут и зафиксирован защелкой. Бульдозер оставался неподвижным.

Эксперимент 3. Двигатель был остановлен, реверс установлен в положение «задний ход», в коробке передач включена вторая передача, педаль муфты сцепления не нажата, горный и ножной тормоза не включены, отвал поднят. Бульдозер оставался неподвижным.

Эксперимент 4. В состоянии: двигатель остановлен, реверс в положении «нейтраль», горный и ножной тормоза не включены, отвал поднят был произведен спуск бульдозера по склону вниз накатом. При этом бульдозер был управляемым, ножной тормоз работал эффективно.

Эксперименты подтвердили, что

после самопроизвольной остановки двигателя бульдозера перед несчастным случаем машинист бульдозера (потерпевший) имел возможность:

- зафиксировать бульдозер на склоне путем опускания отвала;

- зафиксировать бульдозер на склоне за счет включенных 2-й передачи и реверса в положении «задний ход», т. е. при остановке двигателя нельзя было устанавливать реверс в положение «нейтраль»;

- осуществить спуск бульдозера вниз по склону «накатом» до самопроизвольной остановки на горизонтальной площадке.

По мнению авторов, опасность травмирования машиниста бульдозера при нахождении бульдозера на склоне возникает в том случае, когда машинист покидает кабину, не приняв мер для удержания бульдозера на склоне (опускание отвала, торможение горным тормозом), и находится в опасной зоне, например, на гусенице.

Причинами несчастного случая явились:

- невыполнение машинистом бульдозера требований Правил по охране труда: «При остановке бульдозера отвал должен быть опущен на землю»;

- отсутствие защелки горного тормоза, что не позволяло зафиксировать рычаг горного тормоза и обеспечить удержание бульдозера от перемещения вниз по склону карьера.

Анализ изложенных в статье несчастных случаев показывает, что их основными причинами являются:

- в 1-м случае – дефекты при изготовлении изделий погрузчика ТО-18Б;

- в 6-и из 7-и (85,7 %) случаев – нарушения или невыполнение требования безопасной эксплуатации мобильных машин;

- в 4-х случаях – низкий контроль за содержанием изделий мобильных машин в технически исправном состоянии.

Следовательно, организациям и учреждениям, эксплуатирующим мобильные машины, необходимо больше уделять внимание обучению и подбору квалифицированных кадров, обслуживающих строительно-дорожные и транспортные машины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Войчинский, М. С.** Погрузчик фронтальный одноковшовый Амкодор-333 (ТО-18Б). Руководство по эксплуатации / М. С. Войчинский. – Минск : Амкодор-Ударник, 2002. – 180 с. : ил.
2. Правила охраны труда на автомобильном транспорте : утв. приказом № 3-Ц/6 13.01.99 Минтранскоммуникаций и Минтруда РБ. – М. : БГУ, 1999 г. – 176 с.
3. Автомобили МАЗ-53371, 5551, 5337, 5433, 54331. Руководство по эксплуатации 5551-390 2002 РЭ. – Минск : Минский автозавод. – 1993. – 254 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 24.03.2009

S. D. Haliuzhyn, V. M. Puskova, M. I. Rutskiy
Safety of using of construction-road and
transport machinery

The results of the analysis of seven accidents happened on enterprises of Mogilev region are given in the article. Four of them had a fatal outcome. From the considered cases two accidents occurred while using loaders, four of them happened while using automobiles and one accident took place while using a bulldozer.