

Л. В. Мисун¹, В. В. Азаренко², Ал-й Л. Мисун¹

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: LLM_90@mail.ru

²Президиум Национальной академии наук Беларуси

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: azarenko@presidium.bas-net.by

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы безопасности и причины пожаров на мобильной сельскохозяйственной технике, предложено патентное техническое решение пожаротушения на кормоуборочном комбайне.

Ключевые слова: кормоуборочный комбайн, эксплуатация, безопасность, возгорание, пожаротушение, техническое решение.

L. V. Misun¹, V. V. Azarenko², Al-i L. Misun¹

¹EI "Belarusian State Agrarian Technical University"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: LLM_90@mail.ru

²Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: azarenko@presidium.bas-net.by

ORGANIZATIONAL MEASURES AND TECHNICAL SOLUTIONS TO IMPROVE THE PRODUCTION AND FIRE SAFETY OF FORAGE HARVESTERS

Abstract. The article deals with safety issues and causes of fires on mobile agricultural machinery, a patent technical solution for fire extinguishing on a forage harvester is proposed.

Keywords: forage harvester, operation, safety, ignition, fire extinguishing, technical solution.

Введение

Повышение производственной безопасности и предупреждение пожаров на кормоуборочных комбайнах – важнейшие задачи в период уборки кормовых культур. В случаях неприятия своевременных мер по организации безопасной эксплуатации, предупреждению и тушению пожаров кормоуборочной техники возможно быстрое распространение огня с нанесением значительных материальных потерь. Так, например, согласно официальным данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [1], в сельскохозяйственных организациях в период проведения заготовки кормов от пожаров на кормоуборочных комбайнах в 2021 году уничтожено 14 единиц техники, в том числе 13 кормоуборочных комбайнов КВК-800 «Палессе», из них пять на полях Минской области, четыре – Витебской, по два кормоуборочных комбайна – в Брестской и Гомельской областях и один – в Гродненской.

В целях повышения производственной и пожарной безопасности кормоуборочных комбайнов необходимо постоянно следить за их техническим состоянием, наличием изолирующих колпачков на клеммах генератора, аккумуляторной батареи (АКБ), стартера, датчиков и другого электрооборудования, а также защиты электропроводов в местах возможных механических, тепловых и химических повреждений, проводить очистку искрогасителей от нагара, оборудовать топливные

баки визуальными указателями. При этом не забывать, что наиболее распространенными причинами пожаров на кормоуборочных комбайнах являются:

- возгорание в моторном отсеке из-за замыкания силового провода аккумулятора на металлические детали корпуса с последующим воспламенением его изоляции;
- неисправность электрического оборудования, возникающая, как правило, вследствие его старения, коррозии, механических повреждений (перетирание изоляции в местах ее соприкосновения с гранями металлических узлов и деталей кормоуборочного комбайна);
- образование легкогорючего слоя на узлах и деталях кормоуборочного комбайна, состоящего из мелких растительных остатков, топлива, масла в результате их подтекания из-за неплотности соединений в системе питания, смазки и гидрооборудования;
- техническая неисправность кормоуборочного комбайна и нарушение правил пожарной безопасности при его эксплуатации;
- неосторожное обращение с огнем;
- нарушение правил пожарной безопасности при проведении огневых работ.

Результаты исследований

Эксплуатация кормоуборочных комбайнов при повышенных нагрузках, несоблюдении требований производственной безопасности может стать причиной возникновения внештатной ситуации с возгоранием проводки или элементов системы питания двигателя. Последствиями подобных ситуаций могут быть сгоревший комбайн и охваченные пожаром прилегающие сельскохозяйственные территории. Ущерб в таких случаях исчисляется миллионами рублей. Следует отметить, что возгорание в подкапотном пространстве мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) часто удается устранить с помощью ручных огнетушителей, но даже в этом случае МСХТ может получить значительные повреждения. Дело в том, что возгорание должен заметить оператор МСХТ, остановить технику, снять огнетушитель со штатного места, дойти до очага возгорания и активировать средство пожаротушения. На эти действия у оператора МСХТ уходит несколько минут, в течение которых огонь может перекинуться на другие узлы МСХТ и на поле. Кроме того, оператор МСХТ при обнаружении обильного дыма, как правило, физически не способен осуществить подачу тушащей струи порошка в подкапотное пространство. Этому мешает перегретый корпус, обильное задымление и сложность передвижения в условиях пожара. Поэтому огнетушитель, в первую очередь, необходим для обеспечения безопасности самого оператора МСХТ. Что же касается повышения пожаробезопасности непосредственно МСХТ, рассмотрим событие А – возникновение загорания на МСХТ. Это событие является следствием того, что не выполнены требования пожарной безопасности D_j ($j=1, 2, \dots, i$). В результате проведенных исследований с использованием теории вероятности и математической статистики установлено, что вероятность возникновения рассматриваемого события $P(D_j)$ можно определить из следующего выражения:

$$P(D_j) = P(D_{1j}) + P(D_{2j}) + \dots + P(D_{ij}) = P_1 + P_2 + \dots + P_i. \quad (1)$$

Это событие состоит из двух совместных событий: E_i – не выполнено требование и D_i – возникновение возгорания на МСХТ из-за невыполнения требования. Всего имеется N_i таких сочетаний для $E_1 D_1, E_2 D_2, E_3 D_3, \dots, E_{N_i} D_{N_i}$. Тогда

$$P(A) = P(E_1 D_1 + E_2 D_2 + \dots + E_{N_i} D_{N_i}), \quad (2)$$

$$P(A) = 1 - (1 - P(E_1) P(D_1)) (1 - P(E_2) P(D_2)) \dots (1 - P(E_{N_i}) P(D_{N_i})).$$

Выражение (2) получено на основании того факта, что нарушение требований пожарной безопасности и влияние этого требования на вероятность возгорания на МСХТ – события независимые. Так как $P(E_i)$ ($i=1; N_i$) может принимать значения только 0 или 1, то формулу (2) представим в виде:

$$P(A) = 1 - (1 - P(D_{K_1})) (1 - P(D_{K_2})) (1 - P(D_{K_3})) \dots (1 - P(D_{K_{N_i}})), \quad (3)$$

где $K_1 \dots K_{N_i}$ – номера невыполненных требований.

При возникновении источника возгорания на МСХТ, то есть выполнении события *A* – распространение огня происходит не только по конструктивным причинам технического средства, но и обуславливается особенностями выполнения технологического процесса.

Чтобы сохранить технику и ликвидировать очаги возгорания на первых стадиях образования огня, за рубежом активно применяют автоматические системы пожаротушения AFEX, принцип работы которых основан на автоматизации процесса подачи тушащих веществ. При этом МСХТ оснащается тепловыми датчиками, которые способны зафиксировать появление огня в любой точке подкапотного пространства МСХТ, автоматически информация передается на центральный блок системы пожаротушения AFEX, происходит оповещение оператора МСХТ звуковым и световым сигналами. Учитывая все риски, например при эксплуатации кормоуборочного комбайна, заказчик системы пожаротушения AFEX составляет техническое задание с указанием зоны рисков возгорания на кормоуборочном комбайне, приводятся схемы разведения датчиков, обосновывается объем с порошковым тушащим веществом. Алгоритм функционирования системы автоматического пожаротушения включает: принудительную остановку двигателя, вентилятора системы охлаждения, запуск системы распыления огнетушащего вещества. Следует, однако, отметить, что согласно результатам исследований [2–4] сухие химические вещества пожаротушения обеспечивают недостаточную защиту технических средств от возможного повторного возгорания.

Для повышения производственной и пожарной безопасности, устранения возгорания на МСХТ возможно применение устройств аэрозольно-порошкового пожаротушения, содержащих генераторы огнетушащего аэрозоля [5], диспергированной воды, характеризующейся высокой пожаротушащей эффективностью и экологичностью [6], пленкообразующих пенообразователей, из которых получается пена низкой кратности, что позволяет охладить зону горения и защитить от повторного воспламенения [7]. Для пожаротушения моторного отсека также известно устройство [8], содержащее герметичную емкость с огнетушащим реагентом, электромагнитный клапан, контроллер, средство распыления огнетушащего реагента. К недостатку использования такого устройства можно отнести следующее – начало возгорания должно фиксироваться оператором МСХТ, что приводит к несвоевременности начала тушения возгорания. Для автоматической локальной пожарной защиты мобильных технических средств находит применение и устройство, выполненное в виде капсулы в оболочке [9], при разрушении которой происходит выделение огнетушащего порошка. Широкое применение такого устройства ограничивается сложностью его установки и высокой стоимостью изготовления. Тушение возгорания в моторном отсеке МСХТ возможно с применением и других технических решений [10–11], например, когда в качестве огнетушащей среды используется охлаждающая жидкость из штатной системы охлаждения ДВС. При этом необходимость существенного переоборудования технического средства с целью подключения установки пожаротушения к системе охлаждения двигателя требует дополнительных финансовых затрат на установку оборудования и не исключает риск самовоспламенения используемой в качестве огнетушащего вещества жидкости из системы охлаждения ДВС.

Анализ проведенных исследований причин, средств и устройств пожаротушения [2–11] позволил, в частности, обосновать конструкцию технического устройства для повышения производственной безопасности на заготовке кормов, оперативного устранения возгорания на МСХТ и, в частности, на кормоуборочном комбайне [12]. Такое устройство состоит из автономной системы охлаждения двигателя, пускового клапана, оросителей (рис. 1), каждый из которых выполнен в виде пневматического распылителя с установленной на нем пирозарядной капсулой, гидравлически связанной через электромагнитный клапан с емкостями для пенообразователя и антипирена.

Для приготовления антипирена [13] необходим гидрофосфат аммония в количестве 36,3–39,7 мас. %, фосфорная кислота – 20,6–48,4 мас. % и карбамид в количестве 15,3–39,7 мас. %. В эту смесь добавляют никелевый катализатор – 0,2–0,5 % от общей массы сухих веществ, перемешивают и нагревают до температуры 120–125°C. Смесь выдерживают 15–25 минут, а затем охлаждают и разбавляют водой до шестидесятипроцентной концентрации (растворимость антипирена сухого вещества составляет от 40 до 150 г на 100 г воды) [14]. Следует отметить, что пирозарядная капсула имеет электрический контакт с автоматическим предохранителем, автономным извещателем, датчиками дыма и пламени, электромагнитным клапаном, а также с электрической

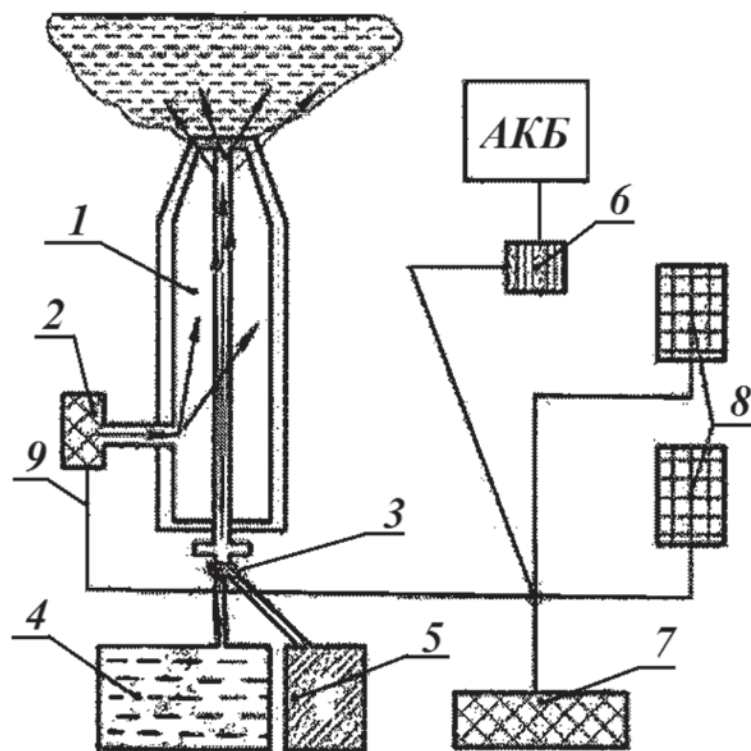


Рис. 1. Техническое устройство пожаротушения на кормоуборочном комбайне [12]:

1 – пневматический распылитель; 2 – пирозарядная капсула; 3 – электромагнитный клапан; 4 – емкость для хранения антипирена; 5 – пенообразователь; 6 – автоматический предохранитель; 7 – автономный извещатель; 8 – датчик дыма и пламени; 9 – основная электрическая цепь кормоуборочного комбайна

цепью кормоуборочного комбайна. При срабатывании датчиков дыма и пламени, реагирующих на возникающий очаг возгорания, подается импульс на автономный извещатель, автоматический предохранитель, пирозарядную капсулу и электромагнитный клапан. При этом автономный извещатель воспроизводит звуковой сигнал, который оповещает оператора кормоуборочного комбайна о возникшей угрозе для его безопасности. Автоматически открывается электромагнитный клапан и срабатывает пирозарядная капсула, что приводит к выделению под давлением газа, который подается в пневматический распылитель, а затем – в кольцевой канал. Согласно закону Бернулли, в потоке газа создается зона пониженного давления и происходит одновременное эжектирование по гидравлическим каналам антипирена и пенообразователя, происходит смешение газа и жидкости, образование смеси, которая распыляется в виде факела пенного аэрозоля на очаг возгорания [15].

Заключение

На основании результатов проведенных исследований производственной и пожарной безопасности кормоуборочных комбайнов при их эксплуатации предложено авторское техническое решение, защищенное патентом Республики Беларусь [12], для оперативного реагирования на возникновение возгорания на комбайне посредством установки в его подкапотном пространстве устройства пожарной сигнализации с пневматическим распылителем и пирозарядной капсулой, что позволяет устранить очаг возгорания и в целом способствует безопасному выполнению технологического процесса кормоуборки.

Список использованных источников

1. Об обеспечении безопасности труда и пожарной безопасности на заготовке кормов [Электронный ресурс] // Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/ru/ohranatruda-ru/view/informatsionnoe-pismo-ob-obespechenii-bezopasnosti-truda-i-pozharnej-bezopasnosti-na-zagotovke-kormov-8552>. – Дата доступа: 04.05.2023.

2. Автоматическая система пожарной сигнализации и управления пожаротушением в подвижных транспортных средствах: пат. RU 39832 / В. Г. Демидов, А. И. Подоляка, А. И. Пинаев. – Оpubл. 20.08.2004.
3. Автоматическая система пожарной сигнализации и управления пожаротушением в подвижных транспортных средствах: пат. BY 1913 / В. Г. Демидов, А. И. Подоляка, А. И. Пинаев. – Оpubл. 30.06.2005.
4. Система пожарной сигнализации и управления пожаротушением в подвижных транспортных средствах: пат. RU 93285 / С. Н. Баев, В. Н. Шеин. – Оpubл. 27.04.2010.
5. Устройство аэрозольно-порошкового пожаротушения: пат. BY 198340 / А. В. Мельничук, В. В. Мельничук, А. И. Пинаев, В. Е. Галузо. – Оpubл. 02.07.2020.
6. Fire extinguishing composition: patent US 8366955/ S. C. Thomas, Ch. Powell, A. C. Regina. – Publ. 05.02.2013.
7. Пути предотвращения пожаров на зерноуборочных комбайнах, возникающих за счет выделения тепла в узлах трения / В. Н. Пасовец [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2021. – Т. 5, № 2. – С. 206–211.
8. Устройство пожаротушения моторного отсека транспортного средства: пат. RU 167997 / С. В. Сергеевич. – Оpubл. 16.01.2017.
9. Устройство автоматической локальной пожарной защиты и способ разрушения оболочки капсулы с нанопорошком: пат. RU 2633955 / З. В. Иванович. – Оpubл. 19.10.2017.
10. Установка пожаротушения: пат. RU 2031672 / Ю. В. Быстров, В. И. Смирнов, С. Г. Ульянов, А. Б. Великоредин. – Оpubл. 27.03.1995.
11. Устройство пожаротушения автомобиля: пат. RU 189180 / Н. Е. Курносков, А. В. Морев, К. В. Лебединский, С. Ю. Киреев, А. В. Тарнопольский. – Оpubл. 15.05.2005.
12. Устройство пожаротушения для кормоуборочного комбайна: пат. BY 12716 / А. Л. Мисун, Л. В. Мисун, О. Г. Агейчик, В. А. Агейчик. – Оpubл. 30.10.2021.
13. Ожиганов, Ю. Г. Комбинированный состав повышенной эффективности со свойствами антипирена и антисептика / Ю. Г. Ожиганов, В. В. Мишин, А. В. Родькина // Лаки, краски, эмали, пигменты и герметики. – 2016. – № 3. – С. 17–22.
14. Способ получения антипирена: патент RU 2172242 / А. А. Леонович, А. В. Шелоумов. – Оpubл. 20.08.2001.
15. Мисун, Л. В. Техническое решение пожаротушения при возгорании мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун, В. Л. Мисун, О. Г. Агейчик // Главный агроном. – 2022. – № 2. – С. 18–20.