

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2021.5-2.206>

УДК 614.841.2.001.5

ПУТИ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНАХ, ВОЗНИКАЮЩИХ ЗА СЧЕТ ВЫДЕЛЕНИЯ ТЕПЛА В УЗЛАХ ТРЕНИЯ

Пасовец В.Н., Лахвич В.В., Антоненко М.А., Сидарков В.А.

Цель. Исследование путей предупреждения пожаров на зерноуборочных комбайнах, вызванных нагревом узлов трения и обрабатываемой растительной массы.

Методы. Проведение теоретического анализа причин возникновения пожаров на зерноуборочных комбайнах.

Результаты. В работе показано, что значительное количество пожаров на зерноуборочных комбайнах возникает по причине нагрева трущихся поверхностей и возгорания растительной массы из-за трения о движущиеся части деталей узлов и агрегатов. Представлены пути рационального решения технически сложной и актуальной задачи повышения пожарной безопасности эксплуатации зерноуборочных комбайнов за счет применения новых композиционных материалов, использования современных систем контроля и пожаротушения. Также, кроме предложенных технических решений, пожарная безопасность зерноуборочной техники обеспечивается посредством контролирования температуры узлов трения, недопущения их перегрева, своевременного технического обслуживания и содержания комбайна в чистоте.

Область применения исследований. Представленные результаты могут быть использованы в сфере обеспечения пожарной безопасности предприятий агропромышленного комплекса. Представлены научно обоснованные результаты применения в конструкциях зерноуборочных комбайнов композиционных материалов, содержащих в составе наноструктуры углерода, а также перспективность установки на данных комбайнах систем контроля и пожаротушения.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, трение, возгорание, пожар, композиционный материал, система контроля и пожаротушения, тепловыделение.

(Поступила в редакцию 25 января 2021 г.)

Введение

Наиболее крупные сельскохозяйственные механизированные работы в Беларуси, выполняемые в крайне сжатые агротехнические сроки, связаны с уборкой урожая зерновых культур. При этом наибольшую опасность при проведении данного вида работ представляют пожары на зерноуборочных комбайнах, которые являются самоходными многофункциональными высокопроизводительными машинами, предназначенными для срезания стеблей, обмолота и очистки зерна, а также измельчения соломы.

Впервые зерноуборочные комбайны были созданы в США в 1930-х гг. [1]. В СССР выпуск самоходных зерноуборочных комбайнов начался в 1947 г. [2]. Что касается Беларуси, то первый самоходный зерноуборочный комбайн был разработан и произведен ОАО «Гомсельмаш» в 2001 г. На сегодня в Беларуси выпускаются зерноуборочные комбайны с молотильно-сепарирующими устройствами как с классического, так и роторного типа, имеющие достаточно простую и надежную конструкцию [3].

Среди зерноуборочных комбайнов, используемых на территории Беларуси, преобладают машины отечественного производства – 84,9 %, а самым массовым комбайном является КЗС-1218. Также сельскохозяйственными предприятиями страны используются комбайны следующих производителей: Ростсельмаш – 4,9 %, Claas – 6,1 %, John Deere – 2,8 %, Case New Holland – 1,0 %, другие фирмы – 0,3 %. [4]

Как правило, эксплуатация зерноуборочных комбайнов осуществляется в условиях высоких температур воздуха и засушливой погоды в присутствии большого количества легковоспламеняющегося растительного материала, представляющего собой высохшую на

корню солоmistую массу с температурой воспламенения 200 °С [5]. Все перечисленные обстоятельства повышают пожарную опасность при эксплуатации зерноуборочной техники. Основными источниками зажигания горючей среды при уборке урожая зерновых культур являются открытый огонь, искры, тепло которое выделяется при преобразовании механической энергии, протекании химических процессов и джоулевым тепловыделением [6].

Механические передачи и узлы трения широко используются в конструкциях комбайнов, являются потенциальными источниками зажигания, но, как правило, не имеют такого контроля и уровня противопожарной защиты как в случае, например, с электрическим оборудованием. Поверхности узлов трения могут выступать в качестве источников зажигания при их нагреве за счет преобразования механической энергии в тепловую. Однако это не означает, что понимание причин, условий и механизмов протекания процессов возгорания тривиален, поскольку теплообмен горючего материала с нагретой поверхностью является сложным и недостаточно исследованным процессом. Проблема тепловыделения в результате взаимодействия деталей пар трения также весьма специфична.

В зерноуборочных комбайнах большое количество узлов трения, которые расположены в жатках, транспортерах, молотильно-сепарирующих устройствах, соломотрясах, измельчителях, различных приводах, двигателях и т.д. Обеспечение смазочными материалами данных узлов – важное условие надежной и безопасной эксплуатации зерноуборочной машины. Однако в настоящее время не каждый комбайн оборудован автоматической централизованной системой подачи смазки.

Также в зерноуборочной технике есть множество вращающихся и трущихся деталей, которые нагреваются за счет возрастания силы трения при попадании в узлы и механизмы соломы, зерна и т.д. Намотавшаяся на валы и рабочие органы растительная масса тоже нагревается за счет трения выше допустимых температур, что может привести к ее возгоранию. Так, частыми причинами возгорания зерноуборочных комбайнов является трение намотанной солоmistой массы о вращающиеся валы приемного и отбойного битеров, привода режущего аппарата, клавиш соломотряса [7].

Процесс трения находящихся в контактном взаимодействии и перемещающихся друг относительно друга поверхностей сопровождается их изнашиванием за счет многократного деформирования поверхностных слоев, процессов схватывания и микрорезания. В первых двух случаях происходит нагрев трущихся поверхностей в течение длительного времени, как правило, без искр или с незначительным искрообразованием. Микрорезание трущихся поверхностей приводит к нагреву поверхностей, находящихся в контактном взаимодействии, обычно с образованием искр, количество которых зависит от состава материала.

Пожарная опасность образующихся источников зажигания при эксплуатации узлов трения зависит от давления в контакте, скорости перемещения контактирующих поверхностей, тепловых и триботехнических характеристик используемых материалов. Так, при трении стали по стали при возрастании температуры в трибоконтате выше 450 °С происходит образование большого количества искр при скоростях скольжения выше 2 м/с. При низких скоростях трения (менее 1 м/с) искры обычно не образуются. Небольшое количество искр образуется при умеренных скоростях скольжения от 1 до 2 м/с [8]. Увеличение зазоров в результате изнашивания контактирующих поверхностей ведет к ухудшению условий смазки, повышению динамических и ударных нагрузок.

Таким образом, одна из наиболее опасных проблем, часто возникающих в комбайнах как отечественного, так и импортного производства, – перегрев узлов трения. В случае недостаточной смазки, износа или механического повреждения пары трения могут нагреваться до высоких температур, что часто приводит к возгоранию как комбайна, так и убираемых зерновых культур (рис. 1).



а



б

Рисунок 1. – Возгорание зерноуборочного комбайна (а) и последствия пожара (б)

В частности, к повышенному нагреву подшипниковых узлов приводят следующие причины: дефекты монтажа подшипников и валов, под которыми подразумеваются несоблюдение соосности вала и отверстия, осевое смещение вала, посадка подшипника на вал с натягом, значительно превышающим расчетные значения, повреждения рабочих поверхностей подшипника при монтаже; превышение ресурса эксплуатации смазочных материалов, а также загрязнение смазки пылью и продуктами износа; недостаточное или избыточное количество смазочного материала в подшипнике и выбор смазки, несоответствующей реальным режимам работы подшипника; износ подшипника [9].

При этом наблюдаются следующие зависимости: чем выше вязкость смазки, тем более высокие нагрузочные режимы работы узла трения она может обеспечить; чем ниже вязкость смазки, тем более высокие скоростные режимы она допускает. Необходимо отметить, что более вязкие смазки склонны к внутреннему разогреву, а традиционно используемые материалы в условиях постоянного увеличения рабочих скоростей и нагрузок, воздействия агрессивных сред и температур не обеспечивают надежности и долговечности оборудования [10].

В основном пожарная безопасность зерноуборочной техники обеспечивается размещаемыми на комбайне кожухами и щитками, предохраняющими нагретые до высоких температур выпускные коллекторы и выхлопные трубы двигателей от попадания соломы и продуктов и половы [11]. Однако указанные конструктивные решения не обеспечивают пожарную безопасность при эксплуатации узлов трения, о чем свидетельствует количество пожаров, регистрируемых ежегодно на работающих в поле комбайнах по причине выделения тепла в узлах трения, а также в зонах контактного взаимодействия растительной массы с вращающимися или линейно перемещающимися деталями [12].

Согласно современным требованиям зерноуборочные комбайны оснащаются первичными средствами пожаротушения в виде порошковых огнетушителей, лопат, швабр и кошм, закрепленных таким образом, чтобы их можно было при необходимости легко снять и использовать [11].

Однако проблема пожарной опасности, образующаяся за счет тепловыделения в узлах трения зерноуборочных комбайнов и зонах контактного взаимодействия растительной массы с деталями, постоянно находящимися в движении во время работы комбайна, все еще не решена. Таким образом, цель работы состояла в исследовании путей предупреждения пожаров на зерноуборочных комбайнах, вызванных нагревом узлов трения и обрабатываемой растительной массы.

Основная часть

1. Применение новых материалов

К материалам узлов трения предъявляют следующие требования: высокая износостойкость, низкий коэффициент трения, сопротивляемость ударным нагрузкам и усталости, высокая теплопроводность и низкий температурный коэффициент линейного расширения. Все это обеспечивает сопротивляемость заеданию. На сегодня в качестве материалов для узлов трения применяют бронзы, баббиты, антифрикционные чугуны, композиционные материалы на полимерной или металлической основе (табл. 1).

Наиболее перспективными материалами являются композиционные материалы, содержащие в составе наноструктуры углерода в качестве упрочняющего и антифрикционного наполнителя. Так, разработаны композиты для узлов трения, обладающие низкой интенсивностью изнашивания и коэффициентом трения, а также высоким коэффициентом теплопроводности [13; 14].

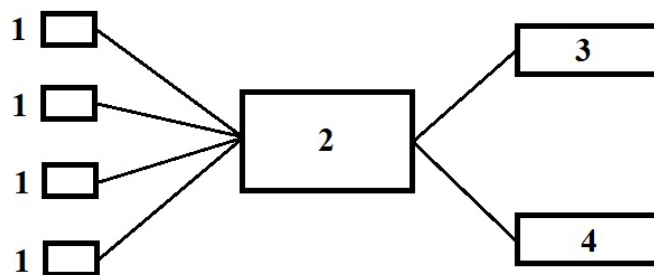
Таблица 1. – Триботехнические и физико-механические характеристики композиционных материалов для узлов трения без смазки

Материал, страна	Коэффициент трения	Интенсивность изнашивания, мкм/км	Предел прочности при сжатии, МПа	Пористость, %
CuG15, РФ [15]	0,22–0,26	1,46–1,5	175	–
RU 2031173, РФ [16]	–	0,21–0,29	340	–
RU 2024639, РФ [17]	0,1–0,12	0,19–0,21	–	–
UA 70080, Украина [18]	0,12–0,14	–	210–235	–
BY 21703, Беларусь [19]	0,1–0,13	0,06–0,07	156–165	2–4

2. Применение систем контроля

На основании эмпирического опыта эксплуатации зерноуборочных комбайнов можно утверждать, что узлы трения жатки, транспортера, молотильного аппарата и измельчителя соломы требуют контроля температуры. Анализ литературных источников указывает на отсутствие специальных систем контроля температуры узлов трения в зерноуборочных комбайнах.

Для контроля температуры узлов трения целесообразно использовать системы, предназначенные для своевременного оповещения комбайнера о превышении температурных порогов, на основе датчиков температуры, логических элементов и сигнализации [20]. Конструкции данных систем обладают простотой и надежностью, а принцип действия заключается в следующем: сигналы с датчиков температуры передаются на логический элемент, обрабатываются и при превышении пороговых значений сигнал подается на системы звуковой и световой сигнализации (рис. 2). При этом оповещение комбайнера осуществляется двумя способами: световым и звуковым, что объясняется сложными условиями работы комбайнера при уборке урожая. Например, сильный шум, исходящий как от двигателя, так и от рабочих органов машины, может помешать комбайнеру услышать звуковой сигнал, а работа на солнце может ограничить видимость светового сигнала. Таким образом, использование двух типов сигнализации обеспечивает адекватное доведение информации до комбайнера, а универсальность данной системы контроля температуры позволяет использовать ее на любых сельскохозяйственных машинах.



1 – датчики температуры; 2 – логический элемент; 3 – световая сигнализация; 4 – звуковая сигнализация

Рисунок 2. – Схема системы контроля температуры узлов трения

3. Применение систем пожаротушения

Для обнаружения и тушения пожара на зерноуборочном комбайне разработаны системы, состоящие из подсистем пожарной сигнализации и пожаротушения. Подсистема пожарной сигнализации позволяет определить превышение температуры в защищаемом пространстве выше нормативных значений и передать сигнал «Пожар» на пульт управления, который находится в кабине комбайнера. Если действия по запуску системы пожаротушения зерноуборочного комбайна не предпринимаются, а температура в защищаемом объеме достигает критической отметки, то с процессора поступит самостоятельный сигнал на запуск установки пожаротушения. В качестве пожарного извещателя используется тепловой линейный пожарный извещатель, который размещается в верхней части защищаемого отсека, например моторного отсека или обмолоточного пространства, т.к. они несут наибольшую пожарную нагрузку и предполагают наличие источников зажигания при различных режимах работы. В качестве подсистемы пожаротушения предлагается использовать модульную установку аэрозольного пожаротушения [21].

Известна также автоматическая система пожарной сигнализации и управления пожаротушением для автомобилей и сельскохозяйственной техники, основанная на тепловых извещателях, соединенных с центральным блоком управления, который, в свою очередь, соединен с блоком ручного включения установок пожаротушения и автоматического управления установками пожаротушения. Применение данной системы повышает вероятность обнаружения пожара, увеличивает ее надежность и обеспечивает безопасность людей, находящихся в транспортном средстве [22; 23].

Разработаны и более совершенные конструкции противопожарных устройств, применение которых возможно не только на сельскохозяйственной технике, но и на пассажирском и грузовом транспорте, а также на строительной, дорожной и спецтехнике. Данные противопожарные устройства обладают схожими конструкциями, обеспечивают адресный запуск средства пожаротушения и оснащены источниками бесперебойного питания, фильтрами электромагнитных помех, блоками регистрации изменений состояния системы в энергонезависимой памяти и микроконтроллерами [24].

Необходимо отметить, что особую важность противопожарные устройства и системы предупреждения возникновения пожаров приобретают при дальнейшем развитии сельскохозяйственного машиностроения, например при разработке зерноуборочного комбайна с дистанционным или роботизированным управлением, характеризующимся отсутствием комбайнера, который мог бы с достаточной оперативностью принять меры к тушению возникшего пожара. Также на зерноуборочных комбайнах возможно применение устройств аэрозольно-порошкового пожаротушения, содержащих генераторы огнетушащего аэрозоля, принцип действия которых основан на использовании комбинированных средств в виде ингибирующего аэрозоля и огнетушащего порошка [25].

Определенный интерес представляет вопрос, касающийся использования огнетушащих веществ в системах автоматического пожаротушения. Например, в бортовых системах

пожаротушения, установленных на тяжелых внедорожных транспортных средствах и сельскохозяйственных машинах, работающих в тяжелых условиях, для тушения пожара применяется сухое химическое вещество, такое как, например, моноаммонийфосфат. При этом известно, что сухие химические вещества пожаротушения обеспечивают недостаточную защиту от возможного повторного возгорания.

Оправданным для тушения пожаров на сельскохозяйственной технике является использование диспергированной воды, характеризующейся высокой пожаротушающей эффективностью и экологичностью [26–28]. Перспективными огнетушащими материалами для применения в бортовых системах пожаротушения на сельскохозяйственной технике являются пленкообразующие пенообразователи, из которых получается пена низкой кратности, что позволяет охладить зону горения и защитить от повторного воспламенения. При этом последующее удаление остатков сгоревшей растительной массы и огнетушащих веществ не повлияет на эксплуатационные свойства зерноуборочной техники.

Заключение

Таким образом, в работе показано, что значительное количество пожаров на зерноуборочных комбайнах возникает по причине нагрева трущихся поверхностей и возгорания растительной массы из-за трения о движущиеся части деталей узлов и агрегатов. Представлены пути рационального решения технически сложной и актуальной задачи повышения пожарной безопасности эксплуатации зерноуборочных комбайнов за счет применения новых композиционных материалов, а также использования современных систем контроля и пожаротушения. Кроме предложенных технических решений пожарная безопасность зерноуборочной техники обеспечивается посредством контролирования температуры узлов трения, недопущения их перегрева, своевременного технического обслуживания и содержания комбайна в чистоте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Miu, P. Combine Harvesters: theory, modeling, and design / P. Miu. – Boca Raton: CRC Press, 2015. – 482 p.
2. Портнов, М.Н. Зерноуборочные комбайны / М.Н. Портнов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 304 с.
3. Дюжев, А.А. Зерноуборочные комбайны КЗС-1218 «Палессе GS12» и КЗС-10К «Палессе GS10» // А.А. Дюжев, А.В. Клочков, В.А. Попов. – Минск: Беларусь, 2011. – 150 с.
4. Сайганов, А.С. Эффективность эксплуатации зерноуборочных комбайнов в сельском хозяйстве Беларуси / А.С. Сайганов, В.К. Липская // Известия национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. – 2018. – Т. 56, № 2. – С. 213 – 225. DOI: 10.29235/1817-7204-2018-56-2-213-225.
5. Демидов, П.Г. Горение и свойства горючих материалов / П.Г. Демидов. – М.: ВИПТШ МВД, 1981. – 190 с.
6. Шкрабак, В.С. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве / В.С. Шкрабак, А.В. Луковников, А.К. Тургиев. – М.: Колос, 2004. – 512 с.
7. Азаренко, В.В. Причины возгорания зерноуборочной техники и особенности тушения пожаров в период уборки урожая зерновых культур / В.В. Азаренко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2009. – С. 156–160.
8. Assessing the potential for ignition from mechanical equipment / S. Hawksworth, [et al.] // Hazards XIX: Process safety and environmental protection, 28–30 March 2006. – Chicago: IChemE. – P. 1–9.
9. Burton, R.A. Heat, bearings, and lubrication: engineering analysis of thermally coupled shear flows and elastic solid boundaries / R.A. Burton. – Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2012. – 217 p.
10. Санюкевич, Ф.М. Особенности работы подшипников качения в узлах механических приводов / Ф.М. Санюкевич, С.В. Монтик // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2018. – № 4. – С. 22–25.
11. Скобелев, О.В. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве / О.В. Скобелев, Н.Г. Новосельцев. – Киев: Урожай, 1981. – 151 с.

12. Fire risks associated with combine harvesters: analysis of machinery critical points / J.P. Val-Aguasca [et al.] // *Agronomy*, 2019. – Vol. 9, No. 12. – P. 877–890.
13. Pasovets, V.N. Thermal properties of composite materials based on the powder systems «copper – CNTs» / V.N. Pasovets, V.A. Kovtun, M. Mihovski // *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. – 2019. – Vol. 92, No. 5. – P. 1267–1275.
14. Порошковые нанокompозиты триботехнического назначения / В.Н. Пасовец [и др.]. – Минск: КИИ, 2016. – 295 с.
15. Федорченко, И.М. Композиционные спеченные антифрикционные материалы / И.М. Федорченко, Л.И. Пугина. – Киев: Наукова думка, 1980. – 404 с.
16. Спеченный антифрикционный материал на основе меди: пат. RU 2031173 / В.Д. Зозуля, В.А. Манерцев. – Оpubл. 20.03.1995.
17. Антифрикционный дисперсно-упрочненный композиционный материал: пат. RU 2024639 / В.А. Ягуткин, С.Д. Куимов, А.В. Филонов. – Оpubл. 10.05.2003.
18. Антифрикційний композиційний матеріал і спосіб його одержання: пат. UA 70080 / О.І. Михайлова, О.О. Гвініашвілі, Р.Л. Мокієнко. – Оpubл. 15.09.2004.
19. Порошковый износостойкий композиционный материал для узлов трения аварийно-спасательной техники: пат. ВУ 21703 / В.Н. Пасовец, В.А. Ковтун. – Оpubл. 28.02.2018.
20. Janotta, R. The Concept of a Mechatronic System for Monitoring the Temperature of Bearings in a Combine Harvester / R. Janotta, S. Podsedek, M. Bartoszek // *AIP: conference proceedings 2029*, October 29, 2018. – P. 020023-1 – 020023-6.
21. Костюк, К.А. Разработка автоматической системы обнаружения и тушения пожара зерноуборочных комбайнов / К.А. Костюк, С.Д. Макаревич // *Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых, Могилев, 22–23 окт. 2015 г.* / редкол.: И.С. Сазонов (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2015. – С. 101.
22. Автоматическая система пожарной сигнализации и управления пожаротушением в подвижных транспортных средствах: пат. RU 39 832 / В.Г. Демидов, А.И. Подоляка, А.И. Пинаев. – Оpubл. 20.08.2004.
23. Автоматическая система пожарной сигнализации и управления пожаротушением в подвижных транспортных средствах: пат. ВУ 1913 / В.Г. Демидов, А.И. Подоляка, А.И. Пинаев – Оpubл. 30.06.2005.
24. Система пожарной сигнализации и управления пожаротушением в подвижных транспортных средствах: пат. RU 93285 / С.Н. Баев, В.Н. Шеин. – Оpubл. 27.04.2010.
25. Устройство аэрозольно-порошкового пожаротушения: пат. ВУ 12273 / А.В. Мельничук, В.В. Мельничук, А.И. Пинаев, В.Е. Галузо. – Оpubл. 30.04.2020.
26. Зерноуборочный комбайн: пат. RU 2141190 / В.С. Бабенко. – Оpubл. 20.11.1999.
27. Бондарь, М.А. Пожар в обмолоточном пространстве зерноуборочного комбайна: моделирование развития и тушения диспергированной водой / М.А. Бондарь, А.П. Кремена, Н.Ф. Свириденко // *Техническая механика*. – 2016. – № 1. – С. 83–94.
28. Fire extinguishing composition: patent US 8366955/ S.C. Thomas, Ch. Powell, A.C. Regina. – Publ. 05.02.2013.

**Пути предотвращения пожаров на зерноуборочных комбайнах,
возникающих за счет выделения тепла в узлах трения**

The ways to prevent combine harvester fires arising from heat release in friction units

Пасовец Владимир Николаевич

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра пожарной
аварийно-спасательной техники, доцент

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: pasovets_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

Vladimir N. Pasovets

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry
for Emergency Situations of the Republic
of Belarus», Chair of Fire Rescue Equipment,
Associate Professor

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

e-mail: pasovets_v@mail.ru

ORCID: 0000-0001-9451-9513

Лаквич Вячеслав Вячеславович

кандидат технических наук, доцент

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра пожарной
аварийно-спасательной техники, начальник
кафедры

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

Viachslau V. Lakhvich

PhD in Technical Sciences, Associate Professor

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry
for Emergency Situations of the Republic
of Belarus», Chair of Fire Rescue Equipment,
Head of Chair

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

e-mail: slavaspec@rambler.ru

ORCID: 0000-0001-7601-305X

Антоненко Максим Алексеевич

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», магистрант

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: keksss2007@mail.ru

Maksim A. Antonenko

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Graduate Student

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

e-mail: keksss2007@mail.ru

Сидарков Вячеслав Александрович

Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра пожарной
аварийно-спасательной техники, преподаватель

Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь

e-mail: sidarkoff@ya.ru

ORCID: 0000-0003-1807-3593

Vyacheslav A. Sidarkov

State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Chair of Fire Rescue Equipment, Lecturer

Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus

e-mail: sidarkoff@ya.ru

ORCID: 0000-0003-1807-3593

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2021.5-2.206>

THE WAYS TO PREVENT COMBINE HARVESTER FIRES ARISING FROM HEAT RELEASE IN FRICTION UNITS

Pasovets V.N., Lakhvich V.V., Antonenko M.A., Sidarkov V.A.

Purpose. Investigation of ways to prevent combine harvester fires arising from heat generation processes in friction units and processed plant materials.

Methods. Analysis of the causes of fires on combine harvester by heating of friction units and processed plant matter.

Findings. A significant number of fires on combine harvesters occurs due to heating of frictional surfaces and ignition of plant matter. The ways of solution of the complex problem of increasing fire safety of combine harvesters are presented in the work. A rational solution to this problem is the use of new composite materials, use of modern control and fire extinguishing systems. In addition, the fire safety of cereal-harvesting machines is ensured by controlling the temperature of the friction units, preventing them from overheating, timely maintenance and keeping the combine clean.

Application field of the research. The presented results can be used in the field of ensuring fire safety of enterprises of the agro-industrial complex.

Keywords: combine harvester, friction, ignition, fire, composite material, control and fire extinguishing system, heat release.

(The date of submitting: January 25, 2021)

REFERENCES

1. Miu P. *Combine Harvesters theory, modeling, and design*. Boca Raton: CRC Press, 2015. 482 p.
2. Portnov M.N. *Zernoubochnye kombayny* [Combine harvesters]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 304 p. (rus)
3. Dyuzhev A.A. *Zernoubochnye kombayny KZS-1218 «Palesse GS12» i KZS-10K «Palesse GS10»* [Combine harvesters KZS-1218 «Palesse GS12» and KZS-10K «Palesse GS10»]. Minsk: Belarus', 2011. 150 p. (rus)
4. Sayganov A.S. Effektivnost' ekspluatatsii zernoubochnykh kombaynov v sel'skom khozyaystve Belarusi [Efficiency of operation of combine harvesters in agriculture]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*, 2018. Vol. 56, No. 2. Pp. 213–225. (rus). DOI: 10.29235/1817-7204-2018-56-2-213-225.
5. Demidov P.G. *Gorenie i svoystva goryuchikh materialov* [Combustion and properties of combustible materials]. Moscow: VIPTSh MVD, 1981. 190 p. (rus)
6. Shkrabak V.S., Lukovnikov A.V., Turgiev A.K. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve* [Safety in agricultural production]. M.: Kolos, 2004. 512 p. (rus)
7. Azarenko V.V. Prichiny vozgoraniya zernoubochnoy tekhniki i osobennosti tusheniya pozharov v period uborki urozhaya zernovykh kul'tur [Causes of ignition of grain harvesting equipment and features of extinguishing fires during the harvesting of grain crops]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva: interdepartmental thematic collection*. Minsk: Scientific and Production Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Agricultural Mechanization, 2009. Pp. 156–160. (rus)
8. Hawksworth S., Rogers R., Beyer M., Proust C., Lalic D., Gummer J., Raveau D. Assessing the potential for ignition from mechanical equipment. *Hazards XIX: Process safety and environmental protection*, 28–30 March 2006. Chicago: IChemE. Pp. 1–9.
9. Burton R.A. *Heat, bearings, and lubrication: engineering analysis of thermally coupled shear flows and elastic solid boundaries*. Dordrecht: Springer Science & Business Media, 2012. 217 p.
10. Sanyukevich F.M., Montik S.V. Osobennosti raboty podshipnikov kacheniya v uzlakh mekhanicheskikh privodov [Features of rolling bearings in mechanical drive units]. *Vestnik Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2018. No. 4. Pp. 22–25. (rus)
11. Skobelev O.V., Novosel'tsev N. G. *Pozharnaya bezopasnost' v sel'skom khozyaystve* [Fire safety in agriculture]. Kiev: Urozhay, 1981. 151 p. (rus)
12. Val-Aguasca J.P., Marco M.V., Martín-Ramos P., Vidal-Cortés M., Boné-Garasa A., García-Ramos F.J. Fire risks associated with combine harvesters: analysis of machinery critical points. *Agronomy*, 2019. – Vol. 9, No. 12. – Pp. 877–890.

13. Pasovets V.N., Kovtun V.A., Mihovski M. Thermal properties of composite materials based on the powder systems «copper – CNTs». *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 2019. Vol. 92, No. 5. Pp. 1267 – 1275.
14. Pasovets V.N., Il'yushchenko A.F., Kovtun V.A., Pleskachevskiy Yu.M. *Poroshkovye nanokompozity tribotekhnicheskogo naznacheniya* [Powder nanocomposites for tribotechnical purposes]. Minsk: KII, 2016. 295 p. (rus)
15. Fedorchenko I.M., Pugina L.I. *Kompozitsionnye spechennyye antifriktsionnyye materialy* [Composite sintered antifriction materials]. Kiev: Naukova dumka, 1980. 404 p. (rus)
16. Zozulya V.D., Manertsev V.A. *Spechennyy antifriktsionnyy material na osnove medi* [Sintered copper based antifriction material]: patent RU 2031173. Published March 20, 1995. (rus)
17. Yagutkin V.A., Kuimov S.D., Filonov A.V. *Antifriktsionnyy dispersno-uprochnennyy kompozitsionnyy material* [Anti-friction dispersion-hardened composite material]: patent RU 2024639. Published May 10, 2003. (rus)
18. Mikhaylova O.I., Gviniashvili O.O., Mokienko R.L. *Antifriktsionnyy kompozitsionnyy material i sposoby yego otdozhannya* [Antifriction composition material and methods of obtaining]: patent UA 70080. Published September 15, 2004. (rus)
19. Pasovets V.N., Kovtun V.A. *Poroshkovyy iznosostoykiy kompozitsionnyy material dlya uzlov treniya avariyno-spasatel'noy tekhniki* [Powder wear-resistant composite material for friction units of rescue equipment]: patent BY 21703. Published February 28, 2018. (rus)
20. Janotta R., Podsedek S., Bartoszek M. The Concept of a mechatronic system for monitoring the temperature of bearings in a combine harvester. *AIP: conference proceedings, October 29, 2018*. Pp. 020023-1 – 020023-6.
21. Kostyuk K.A., Makarevich S.D. Razrabotka avtomaticheskoy sistemy obnaruzheniya i tusheniya pozhara zernouborochnykh kombaynov [Development of an automatic fire detection and extinguishing system for grain harvesters]. *Proc. Intern. scientific and technical conf. of young scientists «Novyye materialy, oborudovanie i tekhnologii v promyshlennosti», Mogilev, October 22–23, 2015*. Mogilev: Belarusian-Russian University, 2015. Pp. 101. (rus)
22. Demidov V.G., Podolyaka A.I., Pinaev A.I. *Avtomaticheskaya sistema pozharnoy signalizatsii i upravleniya pozharotusheniem v podvizhnykh transportnykh sredstvakh* [Automatic fire alarm and fire extinguishing control system in mobile vehicles]: patent RU 39 832. Published August 20, 2004. (rus)
23. Demidov V.G., Podolyaka A.I., Pinaev A.I. *Avtomaticheskaya sistema pozharnoy signalizatsii i upravleniya pozharotusheniem v podvizhnykh transportnykh sredstvakh* [Automatic fire alarm and fire extinguishing control system in mobile vehicles]: patent BY 1913. Published June 30, 2005. (rus)
24. Baev S.N., Shein V.N. *Sistema pozharnoy signalizatsii i upravleniya pozharotusheniem v podvizhnykh transportnykh sredstvakh* [Fire alarm and fire extinguishing control system in mobile vehicles]: patent RU 93285. Published April 27, 2010. (rus)
25. Mel'nichuk A.V., Mel'nichuk V.V., Pinaev A.I., Galuzo V.E. *Ustroystvo aerol'no-poroshkovogo pozharotusheniya* [Aerosol powder fire extinguishing device]: patent BY 12273. Published April 30, 2020. (rus)
26. Babenko V.S. Zernouborochnyy kombayn [Combine harvester]: patent RU 2141190. Published November 20, 1999. (rus)
27. Bondar' M.A., Kremena A.P., Sviridenko N.F. Pozhar v obmolotochnom prostranstve zernouborochnogo kombayna: modelirovaniye razvitiya i tusheniya dispergirovannoy vody [Fire in the threshing space of a combine harvester: modeling the development and extinguishing of dispersed water]. *Tekhnicheskaya mekhanika*, 2016. No. 1. Pp. 83–94. (rus)
28. Thomas S.C., Powell Ch., Regina A.C. *Fire extinguishing composition*: patent US 8366955. Published February 5, 2013.