

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2021.5-2.193>

УДК 614.841.2.001.5

ПОЖАРЫ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

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

Цель. Анализ причин возникновения пожаров на сельскохозяйственной технике агропромышленного комплекса Республики Беларусь.

Методы. Проведение теоретического анализа причин возникновения пожаров на сельскохозяйственной технике, осмотр места пожара с применением современных методов и технических средств.

Результаты. В работе представлены причины возникновения пожаров на тракторах и комбайнах различного назначения. Показано, что данные причины связаны с нарушением правил эксплуатации, конструктивными недостатками машин и механизмов, разрушением узлов и деталей, нарушением технологических процессов, неосторожным обращением с огнем, поджогами, проявлением сил природы, нарушением противопожарных требований, правил хранения и транспортирования веществ и материалов.

Нередко причиной пожаров на сельскохозяйственной технике является скопление горючего материала в точках с высокими температурами, расположенных рядом с двигателем. Более детальное изучение технических причин пожаров позволило установить, что наиболее часто к пожарам приводят неисправности в системах питания, смазки и выпуска отработавших газов двигателей внутреннего сгорания и электрооборудования сельхозтехники.

Область применения исследований. Представленные результаты могут быть использованы в сфере обеспечения пожарной безопасности предприятий агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: трактор, комбайн, причина пожара, нарушение правил эксплуатации, разрушение узлов и деталей, технологический регламент, неосторожное обращение с огнем, конструктивные недостатки, транспортировка веществ и материалов.

(Поступила в редакцию 11 января 2021 г.)

Введение

Значительный ущерб предприятиям агропромышленного комплекса Республики Беларусь наносят пожары, возникающие при эксплуатации сельскохозяйственной техники. При этом происходит утрата дорогостоящих машин и оборудования, образуются потери урожая, связанные как с уничтожением возделываемых сельскохозяйственных культур, например, выгоранием хлебных массивов, так и со снижением урожайности из-за продления сроков уборки.

В почвенно-климатических зонах Беларуси уборка урожая осуществляется в летне-осенний период, сочетающий пожароопасные условия в виде жаркой и засушливой погоды с легко воспламеняющимся урожаем. А с учетом существующих тенденций изменения климата следует ожидать повышения среднегодовых температур и рост рисков возникновения пожаров в данный период [1].

На сегодня сельскохозяйственное машиностроение развивается по пути увеличения производительности посредством повышения энергонасыщенности тракторов и комбайнов различного назначения. При этом повышение энергонасыщенности обеспечивается за счет увеличения мощности их силовых агрегатов [2]. Однако применение сельскохозяйственных машин с более высокой производительностью также создает дополнительную опасность возгорания. В настоящее время серийно выпускаемые комбайны не комплектуются пожарными извещателями или системами пожаротушения и, как следствие, обнаружение пожара осуществляется органами чувств человека, а средствами тушения являются огнетушитель, вода, земля.

Пожарная опасность, возникающая в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники, обусловлена наличием большого количества горючих материалов, используемых в различных системах двигателя, зубчатых и фрикционных передач, гидравлического оборудования. При этом пожарная нагрузка зерноуборочного комбайна в среднем составляет $2 \cdot 10^4$ МДж/м² [3]¹, а его стоимость равна 100 000–200 000 долл. США для отечественных образцов техники и 300 000–500 000 долл. США для импортных. Современные зерноуборочные комбайны являются конструктивно сложными и высокопроизводительными машинами, обладающими пропускной способностью 6–20 кг/с, что обуславливает их дороговизну.

При этом несмотря на важность последствий пожаров в сельском хозяйстве исследований причин их возникновения на сельскохозяйственной технике практически нет. До сих пор наиболее крупные исследования по данной теме были проведены в США [4; 5]. В данных работах авторы исследовали более 4000 пожаров на комбайнах и тракторах. Исследование 1170 фермерских хозяйств Австралии показало, что на 25 % эксплуатируемой техники происходило возгорание [6].

В Беларуси проблемы возникновения пожаров на мобильной сельскохозяйственной технике рассмотрены в работах [7–9]. Однако опубликованные работы содержат разобщенные данные и не дают представления о пожарах на сельскохозяйственной технике и причинах их возникновения. Таким образом, цель работы состояла в установлении причин возникновения пожаров на сельскохозяйственной технике агропромышленного комплекса Республики Беларусь.

Основная часть

1. Оценка машинно-тракторного парка Республики Беларусь

Уровень развития производства сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия в Республике Беларусь позволяет гарантировать физическую доступность для населения продуктов питания в энергетической оценке 3400 ккал на одного человека в сутки. При этом в среднем один человек в год потребляет 89 кг мяса и мясопродуктов, 255 кг – молока и молочных продуктов, 145 кг – овощей и продуктов их переработки, 75 кг фруктов, ягод и продуктов их переработки, 289 шт. яиц². Поэтому в Беларуси большое внимание уделяется совершенствованию средств производства сельхозпродукции – сельскохозяйственной технике, а также внедрению ее новых образцов в хозяйствах страны.

Согласно статистическим данным, в Республике Беларусь за период 2015–2019 гг. произошло значительное сокращение машинно-тракторного парка в аграрном секторе экономики (табл. 1) [10]. Анализ статистических данных указывает на снижение количества всех видов сельскохозяйственной техники в хозяйствах за указанный период. Например, удельный вес тракторов в 2019 г. по сравнению с 2015 г. сократился на 7,8 %, а доля грузовых автомобилей за аналогичный период сократилась на 14,4 %. Также наблюдается значительное сокращение различных видов комбайнов. Например, количество свеклоуборочных комбайнов за 5 лет сократилось на 36,1 %, кукурузоуборочных и льноуборочных комбайнов сократилось на 34,0 и 32,9 % соответственно.

Снижение количества основных видов сельскохозяйственной техники, машин и оборудования в хозяйствах республики обусловлено тем, что объемы приобретаемой техники не возмещают в количественном выражении объемов выбывших из эксплуатации сельскохозяйственных машин, в связи с чем возросла сезонная нагрузка на каждую единицу техники, а в некоторых случаях увеличились сроки уборки и, как следствие, потери урожая.

¹ Пожарная безопасность технологических процессов. Методы оценки и анализа пожарной безопасности. Общие требования: СТБ 11.05.03-2010. – Введ. 01.01.11. – Минск: Бел-ГИСС, 2011. – 76 с.

² О Доктрине национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 15 декабря 2017 г. № 962. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by/documents/plant/dccea377014340f4.html>. – Дата доступа: 04.01.2021.

Указанные обстоятельства, наряду с увеличением доли машин, выработавших ресурс, существенно актуализируют проблему пожарной безопасности [11].

Таким образом, можно сделать вывод, что за последние годы машинно-тракторный парк сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь значительно изменился как количественно, так и качественно. При этом актуальным остается вопрос оснащения современной высокоэффективной техникой предприятий агропромышленного комплекса.

Таблица 1. – Наличие тракторов, машин и комбайнов в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь

Тип техники	2015	2016	2017	2018	2019	2019 г. к 2014 г., %
Тракторы, тыс. шт.	42,0	43,6	41,3	40,4	39,9	92,2
Грузовые автомобили, тыс. шт.	20,9	20,8	19,4	19,0	18,7	85,6
Комбайны, тыс. шт.:						
зерноуборочные	11,1	10,5	9,9	9,5	9,2	81,9
картофелеуборочные	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	81,8
свеклоуборочные	425	385	334	315	301	63,9
кормоуборочные	4,7	4,5	4,2	4,1	4,0	80,4
кукурузоуборочные	45	41	36	33	31	66,0
льноуборочные	621	538	494	465	443	67,1

2. Анализ причин пожаров на сельскохозяйственной технике

В работе [12] были собраны данные о 4092 пожарах на тракторах и комбайнах различного назначения. На основании анализа полученной информации сделаны следующие выводы: 67 % пожаров произошли с 10:00 до 18:00, при этом наибольшее количество пожаров произошло между 14:00 и 16:00. Однако в данном исследовании не рассмотрены вопросы, касающиеся дней недели, когда произошли пожары.

В работе [13] указано, что 40 % возгораний возникли вблизи компонентов, нагретых до высоких температур, в том числе в 24 % случаев причиной являлись выхлопные газы и в 16 % случаев – горячая поверхность двигателя; 34 % пожаров на сельскохозяйственной технике возникли из-за неисправностей электрооборудования; 62,4 % пожаров возникли в моторных отсеках комбайнов и тракторов; 40 % пожаров на комбайнах были связаны с возгоранием растительных остатков, которые являлись основным горючим материалом.

В более поздней работе [14] было исследовано 8307 пожаров на зерноуборочных комбайнах. В данной работе указывается, что 78,2 % пожаров происходят в период с полудня до 20:00, в том числе 48,5 % – с 14:00 до 18:00. При этом большинство пожаров фиксируется в течение рабочей недели, меньше всего – в воскресенье. В период уборки зерновых злаковых культур происходит 67,9 % пожаров. Также в работе обращается внимание, что в 47,2 % случаев пожаров в качестве факторов воспламенения, вызвавших пожары, выступают неисправности в различных механизмах или электрической системе; 76,7 % пожаров на зерноуборочных комбайнах возникают в районе двигателя. В 41,3 % инициаторами горения на сельскохозяйственной технике являлись органические материалы обрабатываемых культур. В исследовании приведена средняя величина убытков от пожаров на зерноуборочных комбайнах, которая составляет 15 182 долл. США на один пожар. При этом сельскохозяйственные потери из-за пожаров не ограничиваются в краткосрочной перспективе уничтожением посевов, но и в среднесрочной перспективе приводят к потерям производственных мощностей.

Авторы работы [15] в 33 % случаев основной причиной возгорания сельскохозяйственной техники называют скопление пыли и растительных остатков на горячих поверхностях, в том числе в 22 % случаев источником зажигания являлись нагретые поверхности подшипниковых узлов. Более подробные исследования причин пожаров на зерноуборочных комбайнах показали, что 45 % возгораний возникли в области двигателя, 22 % в подшипниковых узлах и трансмиссии, а накопление электростатических зарядов называется одной из

причин пожаров [16]. В работе [17] на основании изучения 116 чрезвычайных ситуаций, связанных с возгоранием зерноуборочных комбайнов, сделаны выводы, что в 41,4 % случаев пожар был вызван неисправностями в топливной или электрической системах двигателя.

Также необходимо отметить, что полевые условия могут способствовать или препятствовать процессу распространения пожара. Основное влияние при этом оказывают четыре основных фактора: относительная влажность, температура окружающей среды, скорость ветра, тип и состояние урожая [18].

Статистически значимая зависимость риска возникновения пожара на зерноуборочном комбайне от количества убранной площади установлена авторами работы [19]. В данной публикации указывается, что риск возникновения пожара значительно возрастает после уборки площади, составляющей более 6000 га. При этом 32 % возгораний наблюдается в зоне двигателя, 31 % – в жатке и 18 % – в подшипниковых узлах и приводных ремнях. Следовательно, прослеживается зависимость между временем работы сельскохозяйственной техники и вероятностью возникновения пожара, которая обратно пропорциональна зависимости вероятности безотказной работы, уменьшающейся с увеличением времени работы технического объекта [20].

3. Исследование причин пожаров на сельскохозяйственной технике в Республике Беларусь

Проведенный анализ пожаров, произошедших в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники на территории страны, показывает, что за последние пять лет количество пожаров увеличилось в 2,5 раза (табл. 2). Хотя органами государственного пожарного надзора проводится значительное количество профилактических мероприятий в местах заготовки, переработки и хранения урожая, полностью устранить факты ненадлежащей эксплуатации некоторых видов сельскохозяйственной техники, связанные, например, с негерметичностью топливной системы или системы смазки, ведущей к возникновению пожара за счет образования легкогорючего слоя на узлах и деталях, не представляется возможным.

К причинам пожаров на сельскохозяйственной технике также относятся: нарушение технологических процессов заготовки кормов и уборки урожая; конструктивные недостатки применяемых машин и механизмов, а также изменение конструкции узлов и агрегатов сельхозтехники; поджоги; нарушение правил пожарной безопасности, в том числе при проведении ремонтных мероприятий, связанных с выполнением огневых работ и применением материалов, склонных к воспламенению; латентные пожары, т.е. пожары которые не попали в поле зрения органов государственного пожарного надзора [21; 22].

Также пожар может быть вызван воспламенением остатков обрабатываемой сельскохозяйственной культуры (листьев, мякоти, стеблей и других органических материалов), которые накапливаются вокруг системы выпуска отработанных газов двигателя или других деталей сельхозмашины, нагреваемых во время нормальной работы.

Таблица 2. – Количество пожаров, произошедших на сельскохозяйственной технике на территории Республики Беларусь

Регионы	Количество пожаров, произошедших на сельскохозяйственной технике				
	2015	2016	2017	2018	2019
Брестская область	4	5	2	13	13
Витебская область	3	9	3	14	11
Гомельская область	3	2	3	3	13
Гродненская область	2	4	5	8	5
Минская область	7	4	12	10	10
Могилевская область	5	3	5	5	9
Итого по республике	24	27	30	53	61

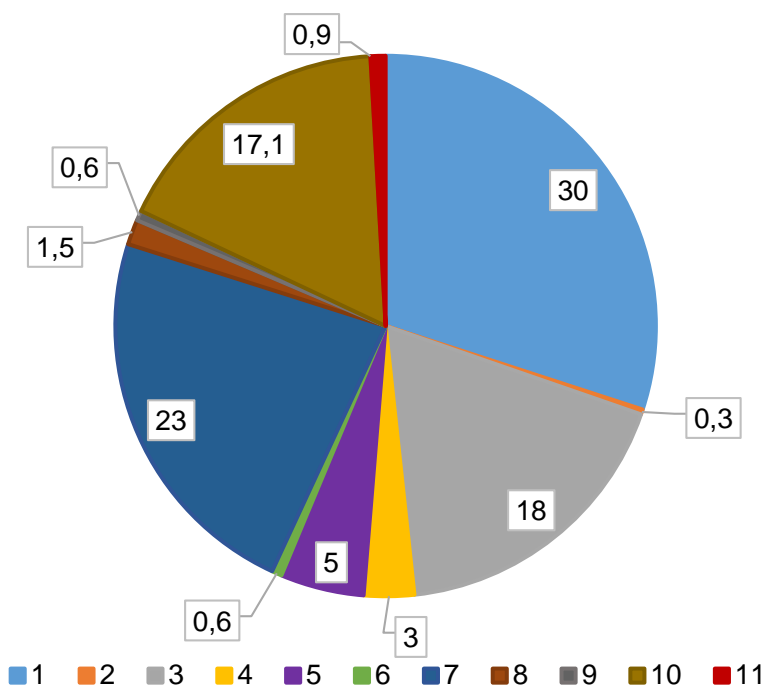
Опубликованные статистические данные показывают: в 25 % случаев пожары возникают на комбайнах и в 75 % – на тракторах, что объясняется сезонностью работы комбайнов, например зерноуборочных [7; 23].

На основе информации, зафиксированной Министерством по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь за последние 5 лет, можно выделить 11 групп пожаров на сельскохозяйственной технике, причинами которых являются: нарушение правил эксплуатации, конструктивные недостатки машин и механизмов, разрушение узлов и деталей, нарушение технологического регламента, неосторожное обращение с огнем, поджоги, проявление сил природы, нарушение противопожарных требований, нарушение правил хранения и транспортирования веществ и материалов, неустановленные причины и прочие ситуации (диаграмма).

Подчеркнем, что одна из частых причин пожаров – скопление горючего материала на деталях с высокими температурами, расположенных рядом с двигателем. Температура поверхности элементов данных деталей может достигать 500 °С [24], что превышает температуры воспламенения соломы и пожнивных остатков. Так, пшеничная солома имеет температуру воспламенения 200 °С [25; 26]. При этом регулярное техническое обслуживание и очистка сельхозмашин являются одним из путей снижения риска возникновения пожара.

Среди причин, связанных с нарушением правил эксплуатации, конструктивными недостатками машин и механизмов и разрушением узлов и деталей, чаще всего к пожарам приводят неисправности в системах питания, смазки и выпуска отработавших газов, электрооборудования, а также гидроприводов навесного и прицепного оборудования.

Утечка топлива, масел и жидкостей из гидравлических систем вследствие износа и повреждения деталей, узлов и систем сельскохозяйственной техники при эксплуатации и дорожно-транспортных происшествиях может привести к пожару. Частыми причинами пожаров на сельскохозяйственной технике являются неисправности топливной системы [27–29]: повреждение и разгерметизация топливных баков, разрывы топливопроводов, течь топлива в местах соединения топливопроводов при механическом и тепловом воздействиях.



1 – нарушение правил эксплуатации; 2 – проявление сил природы; 3 – разрушение узлов и деталей; 4 – нарушение технологического регламента; 5 – неосторожное обращение с огнем; 6 – поджоги; 7 – конструктивные недостатки; 8 – неустановленные причины; 9 – нарушение противопожарных требований; 10 – прочие причины; 11 – нарушение правил хранения и транспортирования веществ и материалов
Рисунок 1. – Причины пожаров на сельскохозяйственной технике в Республике Беларусь, %

В связи с вышеизложенным к конструкциям топливных систем сельскохозяйственной техники предъявляется ряд требований, например, в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним»³ топливные баки изготавливаются коррозионно-стойкими и устанавливаются с защитой от последствий удара по передней или задней части трактора, также топливные баки должны сохранять герметичность при давлении, в 2 раза превышающем рабочее давление. При этом топливо не должно протекать через крышку бака или через устройства, предназначенные для компенсации избыточного давления, даже в случае, если бак находится в полностью перевернутом состоянии.

Повышение нагрузочных режимов работы двигателей внутреннего сгорания сопровождается увеличением удельных нагрузок на детали кривошипно-шатунного и газораспределительного механизмов, а также на детали трансмиссии, что ведет к интенсификации процессов старения масла и невозможности обеспечения системой смазки охлаждения трущихся поверхностей. В результате наблюдается значительный рост температуры в зонах трибоконтров. При этом современные моторные масла имеют температуру вспышки 190–220 °С [30].

Электрическая энергия, используемая для пуска двигателя и приведения в действие контрольно-измерительных приборов сельскохозяйственной техники [31–33], может являться источником зажигания [34]. При достижении критических значений температур в электрооборудовании возможно воспламенение изоляции и находящихся вблизи горючих конструкционных материалов и т.д. Если же температура не достигает критической, но достаточно высока, то в значительной степени увеличивается скорость старения изоляции провода, а ее эксплуатационное состояние и долговечность снижаются. Это может привести к воспламенению изоляции токоведущих частей в результате короткого замыкания.

Таким образом, в сельскохозяйственной технике, как и в автомобиле, возможно возникновение нескольких аварийных режимов работы электрооборудования: короткое замыкание; устойчивое перенапряжение вследствие механических нарушений в работе регулирующих аппаратов; кратковременное перенапряжение, возникающее при коммутации мощных электрифицированных механизмов и аппаратов, например при установке мощных нештатных аудиосистем; длительное коррозионное воздействие на электрические контакты и электронные системы.

Система выпуска отработавших газов представляет собой определенную пожарную опасность, т.к. подвержена воздействию высоких температур газов, образующихся в цилиндрах двигателя при сгорании топливовоздушной смеси. Попадая на выпускной коллектор, топливо мгновенно испаряется, и в подкапотном пространстве возникает пожаровзрывоопасная горючая смесь [35].

Огромную пожарную опасность создают искры – горящие частицы, выбрасываемые с отработавшими газами. Причиной образования искр в двигателях внутреннего сгорания тракторов и комбайнов является нагар, который образуется на стенках системы выпуска отработавших газов при сгорании дизельного топлива и моторного масла [7; 36]. В работе [37] указывается, что при сгорании 100 кг дизельного топлива образуется 150 гр нагара. Сгорание моторного масла, попавшего в цилиндры двигателя, дает значительно больше нагара за счет присутствия в масле металлической и минеральной пыли. При этом в работе приведена зависимость размера образующихся искр и их пожарной опасности. Данная проблема усугубляется отсутствием или низкой эффективностью искрогасителей, применяемых на сельскохозяйственной технике в Республике Беларусь.

³ Технический регламент Таможенного союза «О безопасности сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и прицепов к ним»: ТР ТС 031/2012: принят решением Совета Евразийской экономической комиссии от 20.07.2012 № 60: вступ. в силу 15.02.2015 / Евраз. экон. комис. – Минск: БелГИСС, 2017. – 48 с.

Таким образом, чтобы снизить количество пожаров на сельскохозяйственной технике, нужно предотвращать образование потенциальных источников зажигания в системах питания, смазки, выпуска отработавших газов и электрооборудования, а также строго соблюдать технологический регламент обслуживания сельхозмашин и правил пожарной безопасности.

Заключение

Ежегодно в мире происходят тысячи пожаров на сельскохозяйственной технике. Однако несмотря на значительные последствия, связанные с повреждением или утратой дорогостоящих машин и оборудования, потерей урожая, масштабные исследования причин их возникновения в условиях почвенно-климатических зон Беларуси отсутствуют.

В работе выявлены причины возникновения пожаров на тракторах и комбайнах. Показано, что данные причины связаны с нарушением правил эксплуатации, конструктивными недостатками машин и механизмов, разрушением узлов и деталей, нарушением технологических процессов, неосторожным обращением с огнем, поджогами, проявлением сил природы, нарушением противопожарных требований, нарушением правил хранения и транспортирования веществ и материалов. Нередко причиной пожаров на сельскохозяйственной технике является скопление горючего материала в точках с высокими температурами, расположенных рядом с двигателем.

Более подробное изучение причин пожаров, связанных с нарушением правил эксплуатации, конструктивными недостатками машин и механизмов, разрушением узлов и деталей, позволило установить, что наиболее часто к пожарам приводят неисправности в системах питания, смазки и выпуска отработавших газов, электрооборудования, а также гидроприводов навесного и прицепного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный доклад: уязвимость и адаптация к изменению климата в Беларуси / Е. Бертош, Д. Рузаков, Т. Лукашевич. – Минск: Типография ФПБ, 2014. – 45 с.
2. Амельченко, П.А. Современные тенденции сельхозтракторостроения / П.А. Амельченко [и др.] // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 76–92. DOI: 10.29235/1561-8358-2018-63-1-76-92.
3. Костюк, Е.П. Основные направления повышения уровня пожарной безопасности зерноуборочной сельскохозяйственной техники / Е.П. Костюк, К.А. Давыдчик, В.П. Артемьев // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов VII Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 4–5 апр. 2013 г.: – в 2 ч. – Минск: КИИ, 2013. – Ч. 1. – С. 57–58.
4. Shutske, J.M. An integrated loss control strategy for grain combine fires // J.M. Shutske, W.E. Field // International winter meeting of the American society of agricultural engineers. – Chicago: American society of agricultural engineers, 2014. – 170 p.
5. Agricultural machinery fire losses: A preventative approach / J.M. Shutske, W.E. Field, L.D. Gaultney, S.D. Parsons // Applied Engineering in Agriculture, 1990 – Vol. 6, Iss. 5. – Pp. 575–581. DOI: 10.13031/2013.26431.
6. Degeling, S. Equitable compensation and disgorgement of profit / S. Degeling, J. Varuhas. – London: Hart Publishing, 2019. – 376 p.
7. Капцевич, В.М. Причины возникновения пожаров при работе мобильной сельскохозяйственной техники и их последствия / В.М. Капцевич [и др.] // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 60-летию Белорусского государственного аграрного технического университета и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ), доктора технических наук, профессора В.П. Сулова, Минск, 4–6 июня 2014 г.: в 2 ч. – Минск: БГАТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 459–463.
8. Капцевич, В.М. Структурные и гидродинамические характеристики сетчатых искрогасителей / В.М. Капцевич, П.С. Чугаев, Д.М. Булыга // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 60-летию Белорусского государственного аграрного технического университета

- и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ), доктора технических наук, профессора В.П. Суслова, Минск, 4–6 июня 2014 г.: в 2 ч. – Минск: БГАТУ, 2014. – Ч. 1. – С. 463–468.
9. Макаревич, С.Д. Результаты лабораторных исследований трактора «Беларус» серии 3022 по установлению пожароопасных узлов и агрегатов / С.Д. Макаревич [и др.] // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. – 2015. – Т. 10, № 1. – С. 62–67.
 10. Статистический сборник «Сельское хозяйство Республики Беларусь» / Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И.В. Медведева [и др.]. – Минск: Белстат, 2020. – 179 с.
 11. Бондарь, М.А. Повышение пожаробезопасности эксплуатации зерноуборочного комбайна: концепция и пути ее реализации / М.А. Бондарь, А.Н. Заволока, Н.А. Свириденко // Техніка і технології АПК. – 2010. – Т. 11, № 8. – С. 12–16.
 12. Shutske, J.M. Grain Combine Fires: A Loss Reduction Approach / J.M. Shutske, W.E. Field, J. Chaplin // Applied Engineering in Agriculture, 1994. – Vol. 10, Iss. 2. – Pp. 175–182.
 13. Field, W.E. Agricultural-related fires and explosions / W.E. Field // Agricultural mechanization and automation. – New York: UNESCO, 2018. – Vol. II. – Pp. 575–581.
 14. Venem, M.T. Combine fire prevention and control summit / M.T. Venem, J.M. Shutske // ASAE annual international meeting/CIGR XVth world congress: agronomy conference proceedings, Illinois. St. Joseph, MI, July 28–July 31, 2002, / American Society of Agricultural and Biological Engineers. – Chicago, 2002. – P. 202–215. DOI: 10.13031/2013.11218.
 15. An investigation into combine harvester fires [Electronic resource]: a report by G.R. Quick. – Kadina: grains research and development corporation, 2010. – Mode of access: <http://pulseaus.com.au/storage/app/media/blog%20assets/HARVESTER%20FIRES%20-%20Graeme%20Quick%20-%20Final%20Report.pdf>. – Date of access: 20.12.2020.
 16. The burning issue of combine harvester fires [Electronic resource] / G.R. Quick. – Mode of access: <https://www.farmweekly.com.au/story/3782578/the-burning-issue-of-combine-harvester-fires/?cs=5150>. – Date of access: 05.01.2021.
 17. Keskin, M. An evaluation of combine harvester accidents in Turkey / M. Keskin, Y.E. Sekerli // Journal of Agricultural faculty of Mustafa Kemal university. – 2018. – Vol. 23, Iss. 2. – P. 137–147.
 18. Cardil A. Large wildland fires and extreme temperatures in Sardinia / A. Cardil, M. Salis, D. Spano, D. Molina-terréen // iForest – Biogeosciences and Forestry. – 2014. – Vol. 73, Iss. 3. – P. 162–169. DOI: 10.3832/ifor1090-007.
 19. Fire risks associated with combine harvesters: analysis of machinery critical points / J.P. Val-Aguasca, M. Videgain-Marco, P. Martin-Ramos, M. Vidal-Cortes, A. Bone-Garasa, F.J. Garcia-Ramos // Agronomy, 2019. – Vol. 9, №. 12. – Pp. 877–890. DOI: 10.3390/agronomy9120877.
 20. Федотов, А.В. Основы теории надежности и технической диагностики: конспект лекций / А.В. Федотов, Н.Г. Скабкин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 64 с.
 21. Астахов, С.М. Причины и условия возникновения пожаров автотранспортных средств / С.М. Астахов, А.С. Антифеев // Грузовое и пассажирское автохозяйство, 2011. – № 4. – С. 34–37.
 22. Копылов, С.Н. Пожарная безопасность автотранспортных средств / С.Н. Копылов, В.А. Кушук, Д.В. Полтавец // Технологии гражданской безопасности. – 2009. – Т. 6, № 1–2. – С. 88–93.
 23. Клочков, А.В. Зерноуборочные комбайны: учеб. пособие / А.В. Клочков, А.В. Адашь, В.А. Попов. – Минск: Дизайн ПРО, 2004. – 240 с.
 24. Шароглазов, Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов / Б.А. Шароглазов, М.Ф. Фарафонов, В.В. Клементьев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.
 25. Таубкин, С.И. Справочник пожароопасности твердых веществ и материалов / С.И. Таубкин, А.Н. Баратов, Н.С. Никитина. – М.: Изд-во МКХ РСФСР, 1961. – 148 с.
 26. Клубань, В.С. Пожарная безопасность предприятий промышленности и агропромышленного комплекса: учебник для учащихся пожарно-технических училищ / В.С. Клубань, А.П. Петров, В.С. Рябиков. – М.: Стройиздат, 1987. – 477 с.
 27. Михайловский, Е.В. Устройство автомобиля / Е.В. Михайловский, К.Б. Серебряков, Е.Я. Тур. – 6-е изд. – М.: Машиностроение. 1987. – 322 с.
 28. Милушкин, А.А. Справочник водителя автомобиля / А.А. Милушкин. – Изд. 3-е. – М.: Транспорт, 1983. – 239 с.
 29. Чешко, И.Д. Осмотр места пожара: метод. пособие / И.Д. Чешко, Н.В. Юн, В.Г. Плотников. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. – 501 с.

30. Исхаков, Х.И. Пожарная безопасность автомобиля / Х.И. Исхаков, А.В. Пахомов, Я.Н. Каминский. – М.: Транспорт. 1987. – 87 с.
31. Осмотр места пожара: метод. пособие [Электронный ресурс] / И.Д. Чешко // Библиотека нормативной документации. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46379/index.htm>. – Дата доступа: 06.01.2021.
32. Синельников, А.Х. Электронные приборы для автомобилей / А.Х. Синельников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Электроатомиздат. 1986. – 256 с.
33. Смелков, Г.И. Пожарная опасность электропроводок при аварийных режимах / Г.И. Смелков. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 133 с.
34. Зернов, С.И. Пожарно-техническая экспертиза: назначение и использование результатов / С.И. Зернов, О.Ю. Антонов. – М.: ЮИ МВД РФ, 1997. – 298 с.
35. Зернов, С.И. Пожарно-техническая экспертиза / С.И. Зернов, В.А. Левин. – М.: ВНКЦ МВД СССР, 1991. – 309 с.
36. Искрогасители для сельскохозяйственной техники: монография / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2017. – 156 с.
37. Таубкин, С.И. Пожар и взрыв, особенности экспертизы / С.И. Таубкин. – М.: ВНИИПО, 1999. – 600 с.

Пожары на сельскохозяйственной технике и причины их возникновения
Fires on agricultural machinery and their causes

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

DOI: <https://doi.org/10.33408/2519-237X.2021.5-2.193>

FIRES ON AGRICULTURAL MACHINERY AND THEIR CAUSES

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

Purpose. Analysis of the causes of fires on agricultural machinery in the agro-industrial complex of the Republic of Belarus.

Methods. Theoretical analysis of the causes of fires on agricultural machinery, inspection of fire scene with use of modern methods and technical means.

Findings. The causes of fires on tractors and combines of various purposes are presented. These causes of fires are associated with violation of operating rules, structural defects of machines and mechanisms, destruction of units and parts, violation of technological processes, careless handling of fire, arson, manifestation of nature forces, violation of fire safety requirements, violation of rules for storage and transportation of substances and materials. A common cause of fires on agricultural machinery is the accumulation of combustible material in high temperature points close to the engine. The technical causes of fires are malfunctions in the power supply, lubrication and exhaust systems of internal combustion engines and electrical equipment of agricultural machinery.

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

Keywords: tractor, harvester, cause of fire, violation of operating rules, destruction of units and parts, technological regulation, careless handling of fire, design deficiencies, transportation substances and materials.

(The date of submitting: January 11, 2021)

REFERENCES

1. Bertosh E., Rusakov D., Lukashovich T. *Natsional'nyy doklad: uyazvimost' i adaptatsiya k izmeneniyu klimata v Belarusi* [National report: vulnerability and adaptation to climate change in Belarus]. Minsk: Tipografiya FPPB, 2014. 45 p. (rus)
2. Amel'chenko P.A., Dubovik D.A., Klyuchnikov A.V., Vashchula A.V. *Sovremennyye tendentsii sel'khoztraktorostroyeniya* [Modern tendencies of agricultural tractors]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Physical-Technical Series*, 2018. Vol. 63, No. 1. Pp. 76–92. (rus). DOI: 10.29235/1561-8358-2018-63-1-76-92.
3. Kostyuk, E.P., Davydchik K.A., Artem'yev V.P. *Osnovnye napravleniya povysheniya urovnya pozhar-noy bezopasnosti zernouborochnoy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki* [The main directions of increasing the level of fire safety of grain harvesting agricultural machinery]. *Proc. VII Intern. scientific-practical conf. «Life safety provision: problems and prospects» Minsk, April 4–5, 2013*. In 2 parts. Minsk: KII, 2013. Part 1. Pp. 57–58. (rus)
4. Shutske J.M., Field W.E. *An integrated loss control strategy for grain combine fires. International winter meeting of the American Society of Agricultural Engineers*. Chicago: American society of agricultural engineers, 2014. 170 p.
5. Shutske J.M., Field W.E., Gaultney L.D., Parsons S.D. *Agricultural machinery fire losses: A preventative approach. Applied Engineering in Agriculture*, 1990. Vol. 6, Iss. 5. Pp. 575–581. DOI: 10.13031/2013.26431.
6. Degeling S., Varuhas J. *Equitable compensation and disgorgement of profit*. London: Hart Publishing, 2019. 376 p.
7. Kaptsevich V.M., Chugaev P.S., Lisay N.K., Bulyga D.M. *Prichiny vozniknoveniya pozharov pri rabote mobil'noy sel'skokhozyaystvennoy tekhniki i ikh posledstviya* [Causes of fires during the operation of mobile agricultural machinery and their consequences]. *Proc. Intern. scientific-practical conf. dedicated to the 60th anniversary of the Belarusian State Agrarian Technical University and the memory of the first rector of BIMSH (BGATU), Doctor of Technical Sciences, Professor V.P. Suslova «Sovremennyye problemy osvoyeniya novoy tekhniki, tekhnologiy, organizatsii tekhnicheskogo servisa v APK» Minsk, June 4–6, 2014*. In 2 parts. Part 1. Minsk: BSATU, 2014. Pp. 459–463. (rus)
8. Kaptsevich V.M., Chugaev P.S., Lisay N.K., Bulyga D.M. *Strukturnyye i gidrodinamicheskiye kharakteristiki setchatykh iskrogasiteley* [Structural and hydrodynamic characteristics of mesh spark arresters]. *Proc. Intern. scientific-practical conf. dedicated to the 60th anniversary of the Belarusian State Agrarian*

- Technical University and the memory of the first rector of BIMSH (BGATU), Doctor of Technical Sciences, Professor V.P. Suslova «Sovremennyye problemy osvoeniya novoy tekhniki, tekhnologiy, organizatsii tekhnicheskogo servisa v APK» Minsk, June 4–6, 2014. In 2 parts. Part 1. BSATU. Minsk, 2014. Pp. 463–468. (rus)*
9. Makarevich S.D., Gaisyonok A.N., Aniskovich A.V., Kostyuk K.A. Rezul'taty laboratornykh issledovaniy traktora «Belarus» serii 3022 po ustanovleniyu pozharoopasnykh uzlov i agregatov [Results of laboratory research of 3022 series «Belarus» tractors on determination of fire hazardous units and assemblies]. *Chrezvychaynye situatsii: obrazovanie i nauka*, 2015. Vol. 10, No. 1. Pp. 62–67. (rus)
 10. *Statisticheskiy sbornik Sel'skoe khozyaystvo Respubliki Belarus'* [Statistical collection Agriculture of the Republic of Belarus]. By ed. I.V. Medvedeva et al. Minsk: Belstat, 2020. 179 p. (rus)
 11. Bondar' M.A., Zavoloka A.N., Sviridenko N.A. Povysheniye pozharobezopasnosti ekspluatatsii zernouborochnogo kombayna: kontseptsiya i puti yeye realizatsii [Improving fire safety of grain harvester operation: the concept and ways of its implementation]. *Tekhnika i tekhnologii APK*, 2010. Vol. 11, No. 8. Pp. 12–16. (rus)
 12. Shutske J.M., Field W.E., Chaplin J. Grain Combine Fires: A Loss Reduction Approach. *Applied Engineering in Agriculture*, 1994. Vol. 10, No. 2. Pp. 175–182.
 13. Field W.E. Agricultural-related fires and explosions. *Agricultural mechanization and automation*, 2018. Vol. II. Pp. 575–581.
 14. Venem M.T., Shutske J.M. Combine Fire Prevention and Control Summit. *Proc. conf. «ASAE annual international meeting / CIGR XVth world congress», Illinois. St. Joseph, MI, July 28-July 31, 2002*. American Society of Agricultural and Biological Engineers. Chicago, 2002. Pp. 202–215. DOI: 10.13031/2013.11218.
 15. An investigation into combine harvester fires, available at: <http://pulseaus.com.au/storage/app/media/blog%20assets/HARVESTER%20FIRES%20-%20Graeme%20Quick%20-%20Final%20Report.pdf> (accessed: December 20, 2020).
 16. The burning issue of combine harvester fires, available at: <https://www.farmweekly.com.au/story/3782578/the-burning-issue-of-combine-harvester-fires/?cs=5150> (accessed: January 5, 2021).
 17. Keskin M., Sekerli Y.E. An evaluation of combine harvester accidents in Turkey. *Journal of Agricultural Faculty of Mustafa Kemal University*, 2018. Vol. 23, No. 2. Pp.137–147.
 18. Cardil A., Salis M., Spano D., Molina-terren D., Terren D. Large wildland fires and extreme temperatures in Sardinia. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 2014. Vol. 73, No. 3. Pp. 162–169. DOI: 10.3832/ifer1090-007.
 19. Val-Aguasca J.P., Videgain-Marco M., Martín-Ramos P., Vidal-Cortes M., Bone-Garasa A., Garcia-Ramos F.J. Fire risks associated with combine harvesters: analysis of machinery critical points. *Agronomy*, 2019. Vol. 9, No. 12. Pp. 877–890. DOI: 10.3390/agronomy9120877.
 20. Fedotov A.V., Skabkin N.G. *Osnovy teorii nadezhnosti i tekhnicheskoy diagnostiki* [Fundamentals of the theory of reliability and technical diagnostics]: lecture notes. Omsk: OmGTU, 2010. 64 p. (rus)
 21. Astakhov S.M., Antifeev A.S. Prichiny i usloviya vozniknoveniya pozharov avtotransportnykh sredstv [Causes and conditions for the occurrence of vehicle fires]. *Gruzovoye i passazhirskoye avtokhozyaystvo*, 2011. No. 4. Pp. 34–37. (rus)
 22. Kopylov S.N., Kushchuk V.A., Poltavets D.V. Pozharnaya bezopasnost' avtotransportnykh sredstv [Fire safety of the car]. *Civil Security Technology*, 2009. Vol. 6, № 1–2. Pp. 88–93. (rus)
 23. Klochkov A.V., Adas' A.V., Popov V.A. *Zernouborochnyye kombayny* [Combine harvesters]: tutorial. Minsk: Dizayn PRO, 2004. 240 p. (rus)
 24. Sharoglazov B.A., Farafontov M.F., Klement'ev V.V. *Dvigateli vnutrennego sgoraniya: teoriya, modelirovaniye i raschet protsessov* [Internal combustion engines: theory, modeling and calculation of processes]. Chelyabinsk: YuUrGU, 2005. 403 p. (rus)
 25. Taubkin S.I., Baratov A.N., Nikitina N.S. *Spravochnik pozharoopasnosti tverdykh veshchestv i materialov* [Handbook of fire hazard of solids and materials]. Moscow: MKKh RSFSR, 1961. 148 p. (rus)
 26. Kluban' V.S., Petrov A.P., Ryabikov V.S. *Pozharnaya bezopasnost' predpriyatiy promyshlennosti i agropromyshlennogo kompleksa* [Fire safety of industrial enterprises and agro-industrial complex]: textbook. Moscow: Stroyizdat, 1987. 477 p. (rus)
 27. Mikhaylovskiy E.V., Serebryakov K.B., Tur E.Ya. *Ustroystvo avtomobilya* [Vehicle desisgn]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1987. 322 p. (rus)

28. Milushkin A.A. *Spravochnik voditelya avtomobilya* [Car driver's guide]. Moscow: Transport, 1983. 239 p. (rus)
29. Cheshko I.D., Yun N.V., Plotnikov V.G. *Osmotr mesta pozhara* [Inspection of the fire scene]: teaching aid. Moscow: FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia, 2004. 501 p. (rus)
30. Iskhakov Kh.I., Pakhomov A.V., Kaminskiy Ya.N. *Pozharnaya bezopasnost' avtomobilya* [Fire safety of the car]. Moscow: Transport, 1987. 87 p. (rus)
31. *Osmotr mesta pozhara* [Inspection of the fire scene]: methodological guide, available at: <https://files.stroyinf.ru/Data1/46/46379/index.htm> (accessed: January 6, 2021). (rus)
32. Sinel'nikov A.Kh. *Elektronnyye pribory dlya avtomobiley* [Electronic devices for cars]. Moscow: Elektroatomizdat, 1986. 256 p. (rus)
33. Smelkov G.I. *Pozharnaya opasnost' elektroprovodok pri avariynykh rezhimakh* [Fire hazard of electrical wiring in emergency modes]. Moscow: Energoatomizdat, 1984. 133 p. (rus)
34. Zernov S.I., Antonov O.Yu. *Pozharno-tehnicheskaya ekspertiza: naznacheniyе i ispol'zovaniye rezul'tatov* [Fire-technical expertise: purpose and use of results]. Moscow: YuI MVD RF, 1997. 298 p. (rus)
35. Zernov S.I., Levin V.A. *Pozharno-tehnicheskaya ekspertiza* [Fire-technical expertise]. Moscow: VNKTs MVD SSSR, 1991. 309 p. (rus)
36. Kaptsevich V.M., Lisay N.K., Konstantinov V.M., Chugaev P.S., Bulyga D.M. *Iskrogasiteli dlya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki* [Spark arresters for agricultural machinery]: monograph. Minsk: BGATU, 2017. 156 p. (rus)
37. Taubkin S.I. *Pozhar i vzryv, osobennosti ekspertizy* [Fire and explosion, examination features]. Moscow: FGBU VNIPO of EMERCOM of Russia, 1999. 600 p. (rus)