

Учреждение образования
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЕВФРОСИНИИ ПОЛОЦКОЙ»

Объект авторского права

УДК 331.45:631.145

МИСУН
Алексей Леонидович

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА
ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ РИСКОМ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.26.01 – охрана труда
(сельское хозяйство и перерабатывающая промышленность
агропромышленного комплекса)

Новополоцк, 2023

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный аграрный технический университет».

Научный руководитель **Азаренко Владимир Витальевич**, доктор технических наук, доцент, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси

Официальные оппоненты: **Босак Виктор Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности учреждения образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»;

Орда Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры механики материалов и деталей машин учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»

Оппонирующая организация Учреждение образования «Гродненский государственный аграрный университет»

Защита состоится «22» декабря 2023 г. в 11⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций К 02.19.01 при учреждении образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой» по адресу: 211440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29, ауд. 263, тел. ученого секретаря +375(214) 53-93-69, e-mail: u.bylavka@psu.by.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой».

Автореферат разослан «17» ноября 2023 г.

**Ученый секретарь совета
по защите диссертаций К 02.19.01,
кандидат технических наук, доцент**



Ю.А. Булавка

ВВЕДЕНИЕ

Улучшение условий и охраны труда, сохранение жизни и здоровья работающих были и остаются одним из приоритетных направлений социально-экономической политики Республики Беларусь. Полное исключение из процесса труда формирования неблагоприятных для здоровья факторов не всегда возможно даже в тех производствах, где внедрены передовая технология, высокая культура производства и качественное медицинское обслуживание. Это касается и сельскохозяйственного производства, где из года в год средние значения коэффициентов частоты и тяжести несчастных случаев на объектах агропромышленного комплекса (АПК) остаются высокими. При этом, наиболее травмоопасной его отраслью является растениеводство, а наибольшее число пострадавших с тяжелым исходом относится к операторам мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ). Подавляющее число случаев производственного травматизма связано с выполнением операторами работ по технологической настройке технических средств при их эксплуатации. Сложившаяся ситуация во многом объясняется тем, что процессы труда всегда динамичны, технологии возделывания сельскохозяйственных культур со временем устаревают, а также и недостаточной приспособленностью технических средств – безопасности, удобства и доступности выполнения регулировочных работ в условиях как постоянного присутствия на рабочем месте операторов МСХТ опасных и вредных производственных факторов (подвижные части оборудования, острые кромки и заусеницы на поверхностях технического средства, проведение регулировочных работ на значительной высоте относительно поверхности земли и др.), так и изменяющихся параметров состояния производственной среды. Кроме этого, спрогнозировать результат безопасного агропроизводства не всегда предоставляется возможным и в силу множества неопределенностей организационно-технической и социально-экономической направленности. Поэтому принятие решения и управление безопасностью труда в таких случаях связано с производственным риском, от особенностей которого во многом зависят применяемые методы управления им.

Таким образом, актуальность диссертационных исследований обоснована необходимостью комплексного решения проблемы повышения безопасности труда операторов МСХТ с учетом приспособленности технических средств к выполнению регулировочных работ в условиях изменяющейся природно-техногенной среды, антропометрических характеристик работника, а также ожидаемых последствий от негативного воздействия опасных и вредных производственных факторов в процессе эксплуатации технических средств.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Работа выполнялась в соответствии с заданием «Разработка научных основ рационального применения и оптимизация параметров, способов, систем и средств коллективной и индивидуальной защиты работников АПК от воздействия вредных и опасных факторов при производстве продукции сельского хозяйства» (номер госрегистрации 20113853) Государственной программы научных исследований на 2011–2015 гг. «Инновационные технологии в АПК», планом НИР БГАТУ на 2011–2015 гг. (тема 3.4 «Организация и управление производственной и экологической безопасностью на объектах агропромышленного комплекса в штатных и чрезвычайных ситуациях») и на 2016–2020 гг. (тема 3.5 «Прогнозирование параметров состояния производственной среды и опасных ситуаций на объектах АПК»).

Цель и задачи исследования. Цель исследований – обеспечение безопасной эксплуатации технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- провести анализ методик и методов оценки риска травмирования работающих, разработать научно-методическое обеспечение прогнозирования производственного риска с учетом показателя приспособленности технических средств к технологическим регулировкам, изменения параметра состояния производственной среды агропроизводства при эксплуатации технических средств, антропометрических характеристик оператора МСХТ;
- апробировать разработанную методику на примере различных по своему функциональному назначению технических средств, используемых для выполнения технологических процессов в растениеводческой отрасли АПК;
- обосновать корректирующие действия (организационные мероприятия, инженерно-технические решения) по предотвращению повышения уровня производственного риска при эксплуатации технических средств для растениеводческой отрасли АПК;
- разработать математическую модель технологического процесса, обеспечивающего безопасность и эффективность механизированных работ в растениеводстве, с учетом показателя приспособленности технического средства к выполнению технологических регулировок, изменения параметра состояния производственной среды в процессе эксплуатации технического средства и режимов технологического процесса.

Объект исследования – условия труда и факторы производственного риска при эксплуатации технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур.

Предмет исследований – взаимосвязи и зависимости факторов для обеспечения «минимального» уровня производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур.

Научная новизна. Научной новизной обладают следующие результаты: теоретико-экспериментальное обоснование оценки и обеспечения «минималь-

ного» уровня производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур путем определения зон повышенной опасности при выполнении технологических регулировок технического средства, с учетом показателя его приспособленности (безопасности, доступности, удобства) к проведению регулировочных работ, параметра состояния производственной среды при эксплуатации технического средства, условий выполнения технологической регулировки, физиологически возможных показателей положения туловища, руки оператора МСХТ и его антропометрических характеристик.

Положения, выносимые на защиту:

– теоретические зависимости прогнозирования приспособленности технического средства к проведению регулировочных работ от показателей безопасности, доступности, а также удобства их выполнения, с учетом физиологически возможных показателей положения туловища, руки оператора МСХТ и его антропометрических характеристик, что позволяет определить зоны повышенной опасности при проведении технологических регулировок и прогнозировать возможный уровень производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур;

– методика и алгоритм тестирования функционального состояния технических средств с учетом показателя их приспособленности к технологическим регулировкам, безопасности выполнения, кратности изменения параметра состояния производственной среды при возделывании сельскохозяйственных культур, реализованные в компьютерной программе, что позволяет как на стадии разработки технических средств, так и при дальнейшей их эксплуатации прогнозировать уровень производственного риска;

– теоретические зависимости показателя травмирования оператора МСХТ от условий и статистической вероятности выполнения оперативной регулировки технического средства;

– математическая модель технологического процесса (на примере механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков) с учетом показателя приспособленности технического средства к безопасному выполнению работ в условиях изменения параметра состояния производственной среды, в зависимости от режимов технологического процесса (скорости движения технического средства, частоты вращения режущего барабана, высоты среза стелющихся побегов клюквенника), что позволяет определять значения этих показателей для обеспечения максимальной полноты безопасной обрезки растительности;

– комплекс практических мероприятий (использование антропометрических характеристик оператора МСХТ и физиологически возможных показателей положения его туловища для безопасной организации регулировочных работ; оценка уровня производственного травматизма с учетом интенсивности выполнения технологических регулировок при эксплуатации технического средства (номограмма); выбор безопасных режимов технологического процесса в зависимости от параметра состояния производственной среды и показателя приспособленности технического средства к технологическим регулировкам (номограмма), применение которых способствует обеспечению «минимально-

го» уровня производственного риска при эксплуатации технических средств в растениеводстве.

Личный вклад соискателя ученой степени состоит в самостоятельном выполнении теоретических исследований; разработке методики и алгоритма тестирования функционального состояния технических средств с учетом показателя их приспособленности к технологическим регулировкам, безопасности выполнения, кратности изменения параметра состояния производственной среды при эксплуатации технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур; планировании, подготовке и проведении натуральных экспериментов, обработке и анализе полученных результатов; в подготовке публикаций, научных докладов на конференциях, защите приоритета научных разработок патентами. Основными соавторами опубликованных работ являются д.т.н., доц., чл.-корр. НАН Беларуси Азаренко В.В. и к.т.н., доц. Агейчик В.А.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Основные результаты диссертационной работы докладывались на 17 научно-технических (практических) Международных и республиканских конференциях: «Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве» (Минск, 10–11 октября 2012 г.; 16–17 октября 2013 г.; 22–23 октября 2014 г.; 21–22 октября 2015 г.); «Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции» (Минск, 14–15 апреля 2011 г.); «Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции» (Минск, 21–22 марта 2013 г.; 26–27 марта 2015 г.); «Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве» (Минск, 23–24 октября 2014 г.); «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» (Минск, 4–6 июня 2014 г.); «Техсервис» (Минск, 26–27 мая 2010 г.; 25–26 мая 2011 г.; 23–24 мая 2012 г.; 22–23 мая 2013 г.; 21–22 мая 2014 г.; 20–21 мая 2015 г.; 25–27 мая 2016 г.); «Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства» (Горки, 6–8 октября 2018 г.).

За достигнутые научные результаты по теме диссертации и их практическую значимость соискателю как аспиранту в 2018 году назначена стипендия Президента Республики Беларусь, а за научную работу «Разработка комплекса инженерно-технических решений для повышения эффективности и производственной безопасности эксплуатации технических средств для ухода за клюквенными чеками промышленной плантации», результаты которой использованы при подготовке диссертации, соискатель в 2013 году стал «Лауреатом премии Национальной академии наук Беларуси имени академика В.Ф. Купревича».

Опубликование результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 41 печатная работа, в том числе, монография, научно-практическое пособие, 8 статей в научных изданиях согласно списку ВАК Республики Беларусь, 16 статей в сборниках научных трудов (докладов) Международных и республиканских научных конференций, 13 патентов Республики Беларусь, в том числе 7 изобретений. Единолично опубликовано 8 печатных работ. Общее количество страниц опубликованных материалов – 228 (13,4 авт. л.).

Структура и объем диссертации. Диссертация включает перечень сокращений и обозначений и состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений с документами об опубликовании и внедрении полученных результатов. Полный объем диссертации составляет 228 страниц и включает 27 рисунков на 11 страницах, 39 таблиц на 28 страницах, библиографический список из 266 наименований (в том числе 41 публикация соискателя) на 20 страницах, приложения на 73 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В первой главе приведен анализ причин и видов рисков в процессе трудовой деятельности, методик и методов их оценки, определены цель и задачи исследований [1; 9; 22; 24].

Значительный вклад в развитие теории рисков, изучение количественной их оценки внесли В.Д. Борзов, В.М. Гранатуров, Г.К. Джурабаева, Э.П. Головач, А.М. Завьялов и др. Концептуальные подходы повышения безопасности труда совершенствованием функционирования системы «оператор–машина–среда» и ее элементов в технологических процессах выращивания сельскохозяйственных культур разработаны Аверьяновым Ю.И., Азаренко В.В., Горшковым Ю.Г., Дашковым В.Н., Оляничем Ю.Д., Пиуновским И.И., Шкрабаком В.В., Шкрабаком В.С., Юрковым М.М. и др. Модели и алгоритмы управления безопасностью труда операторов МСХТ исследовались Гальяновым И.В., Беловой Т.И., Лопатиным А.Н., Митрофановым П.Г., Тюриковым Б.М., Фоминовой О.В., Христофоровым Е.Н., а научным обеспечением безопасной эксплуатации МСХТ, снижением риска травмирования оператора уборочной техники, обусловленного ее приспособленностью к выполнению технологических регулировок, занимались Алуханян В.А., Борисова Л.В., Дмитриев М.С., Сазанович В.И., Шаманова Е.В и др. Проведенный анализ научно-методических подходов оценки риска травмирования работающих показал, что используемые в настоящее время организационно-технические мероприятия не позволяют в полной мере решать задачи обеспечения безопасности труда операторов МСХТ, прогнозировать возможный уровень производственного риска, как на стадии проектирования технического средства, так и при обосновании мер безопасности в процессе его эксплуатации с учетом изменения параметра состояния производственной среды, антропометрических характеристик оператора МСХТ, а используемые информативные признаки, получаемые при идентификации опасности условий труда, носят нечеткий характер.

Следует отметить, что проблема оценки производственного риска приобрела особую значимость и актуальность в связи с принятием Закона Республики Беларусь «Об охране труда», предусматривающего обязанности работодателя по обеспечению оценки производственных рисков и мер по их управлению. Применительно к рабочему месту оператора МСХТ это организационно-технические мероприятия по выявлению «адресности» факторов риска, роли и места каждого из них, что позволило бы целенаправленно прогнозировать развитие рискованных ситуаций, своевременно разрабатывать меры по снижению последствий их влияния.

Обобщение результатов проведенных исследований позволило сформулировать цель и задачи исследований.

Во второй главе приведены результаты теоретических исследований приспособленности технического средства к проведению регулировочных работ по показателям безопасности, доступности, а также удобства их выполнения оператором МСХТ с учетом условий выполнения технологической регулировки при эксплуатации технического средства, физиологически возможных показателей положения туловища, руки и антропометрических характеристик; приведена методика оценки и управления производственным риском при возделывании сельскохозяйственных культур с учетом функционального состояния технического средства; обоснованы корректирующие действия и разработано научно-методическое сопровождение (алгоритм, компьютерная программа, номограмма) для предотвращения повышения уровня производственного риска [5; 7; 17; 22; 25; 30; 33; 40–41].

Исследованиями установлено, что мерой оценки негативного воздействия на безопасность труда оператора МСХТ при возделывании сельскохозяйственных культур является производственный риск, под которым понимается потенциальный ущерб для здоровья работающих в результате наступления нежелательного события, связанного с производственной деятельностью. Так, при выполнении механизированных работ в условиях изменения параметра состояния производственной среды, оператору МСХТ приходится многократно (десятки раз за смену) выполнять регулировки технического средства, что в дальнейшем сказывается на утомляемости и приводит к повышению риска травмирования оператора. Аналитическим путем получено выражение для прогнозирования приспособленности технического средства к технологической регулировке:

$$K_{\Pi ik} = \frac{15,3 \cdot S_{ik}^l - 17,4 \cdot S_{ik} - S_{ik}^m}{176 \cdot t}, \quad (1)$$

где $K_{\Pi ik}$ – показатель приспособленности к i -й технологической регулировке k -го технического средства;

S_{ik} – сумма баллов экспертной оценки показателей удобства, доступности и безопасности i -й регулировки k -го технического средства;

S_{ik}^l , S_{ik}^m – соответственно сумма квадратов и кубов баллов, выставленных экспертами за удобство, доступность и безопасность проведения i -й регулировки k -го технического средства;

t – число показателей приспособленности i -й регулировки k -го технического средства.

Обобщенный показатель приспособленности технического средства к технологическим регулировкам ($K_{\Pi т.с.}$) рассчитывался как среднее геометрическое значений $K_{\Pi ik}$.

Для обоснования оценочных показателей удобства проведения оператором МСХТ технологической регулировки технического средства использовался математический аппарат теории целенаправленной механики человека, поскольку тело человека можно моделировать в виде агрегата твердых тел (звень-

ев), связанных между собой при помощи подвижных соединений. Положение рассматриваемой модели – модели руки человека, состоящей из трех звеньев («трехзвенник»), способной вращаться относительно оси OZ , определяется углами ориентации звеньев «трехзвенника» в его плоскости, если точка D (точка крепления опорного сустава «трехзвенника» к плечевому суставу) неподвижна или движется заранее заданным образом (рисунок 1). В этом случае модель имеет четыре степени свободы с обобщенными координатами $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \psi$. Уравнения связей, позволяют описать девять координат $(x_1, y_1, z_1; x_2, y_2, z_2; x_3, y_3, z_3)$ центров масс звеньев длиной l_1, l_2, l_3 , имитирующих, соответственно, плечо, предплечье и кисть «трехзвенника» в виде функций от 4-х обобщенных координат, а также определить закономерности движения центров инерции (c_1, c_2, c_3) звеньев. В результате проведенных исследований получены зависимости для определения координаты (x_D, y_D, z_D) точки крепления опорного сустава «трехзвенника» (руки) к плечевому суставу (надплечью), а также координаты (x_E, y_E, z_E) конечной точки «трехзвенника», принадлежащей звену, имитирующему кисть руки, находящемуся в положении после выполнения регулировки:

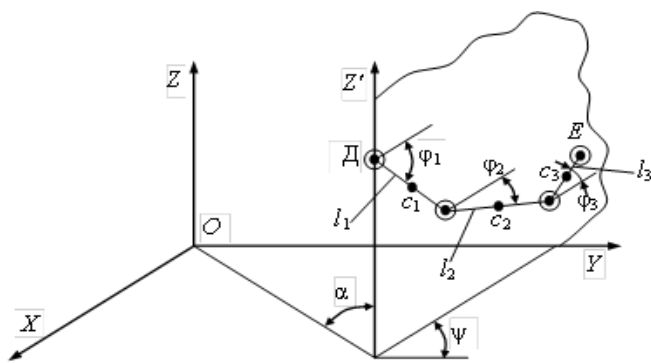


Рисунок 1 – «Трехзвенник» модели руки человека

В результате проведенных исследований получены зависимости для определения координаты (x_D, y_D, z_D) точки крепления опорного сустава «трехзвенника» (руки) к плечевому суставу (надплечью), а также координаты (x_E, y_E, z_E) конечной точки «трехзвенника», принадлежащей звену, имитирующему кисть руки, находящемуся в положении после выполнения регулировки:

$$\begin{cases} x_D = x_1 + \frac{l_1}{2} \cos \varphi_1 \sin \psi; \\ y_D = y_1 - \frac{l_1}{2} \cos \varphi_1 \cos \psi; \\ z_D = z_1 - \frac{l_1}{2} \sin \varphi_1. \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} x_E = x_D - (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + \frac{l_3}{2} \cos \varphi_3) \sin \psi; \\ y_E = y_D + (l_1 \cos \varphi_1 + l_2 \cos \varphi_2 + \frac{l_3}{2} \cos \varphi_3) \cos \psi; \\ z_E = z_D + l_1 \sin \varphi_1 + l_2 \sin \varphi_2 + \frac{l_3}{2} \sin \varphi_3. \end{cases} \quad (3)$$

Результаты проведенных исследований позволяют оценивать область досягаемости i -й технологической регулировки, предлагать соответствующие рекомендации с точки зрения удобства, снижения риска травмирования при выполнении регулировочных работ с учетом физиологически возможных показателей положения туловища (рисунок 1, угол α), руки, антропометрических характеристик оператора МСХТ и условий выполнения регулировочных работ.

Область досягаемости для выполнения технологической регулировки технического средства оценивается в пять баллов, если выполняется условие

$$\left[\sqrt{(x_E - x_D)^2 + (y_E - y_D)^2} - (l_1 + l_2 + l_3/2) \right] K_a \cdot K_{т.р.} < 0, \quad (4)$$

где K_a – коэффициент, учитывающий антропометрические характеристики оператора МСХТ;

$K_{т.р.}$ – коэффициент, учитывающий условия выполнения технологической регулировки при эксплуатации технического средства.

Четыре балла выставляется, когда

$$\left[\sqrt{(x_E - x_D)^2 + (y_E - y_D)^2} \right] K_a \cdot K_{т.р.} = \left[(l_1 + l_2 + l_3/2) \right] K_a \cdot K_{т.р.} \quad (5)$$

Оценка три и менее баллов устанавливается в случае

$$\left[\sqrt{(x_E - x_D)^2 + (y_E - y_D)^2} - (l_1 + l_2 + l_3/2) \right] K_a \cdot K_{т.р.} > 0. \quad (6)$$

Для оценки степени доступности выполнения технологической регулировки технического средства учитываются наличие пространства для ее выполнения, опасные и вредные производственные факторы, потребность в разборке узла рабочего органа технического средства и др.

Прогнозирование показателя безопасности проведения регулировочных работ осуществляется с учетом оценки вероятности нахождения оператора МСХТ в опасных зонах при выполнении технологических регулировок, наличия (отсутствия) дополнительных лестниц, подставок, устройств, другого вспомогательного оборудования, а также количества технологических регулировок и изменения параметра состояния производственной среды.

Показатель травмирования оператора МСХТ при выполнении i -й технологической регулировки k -го технического средства (P_{Rik}), согласно разработанной методики оценки его функционального состояния, рассчитывается по формуле:

$$P_{Rik} = [1 - (1,5 \cdot K_{П_{ik}} - 0,5 \cdot K_{П_{ik}}^2)] p_{ik} K_{п.с.}, \quad (7)$$

где p_{ik} – статистическая вероятность выполнения за смену i -й регулировки k -го технического средства;

$K_{п.с.}$ – коэффициент, учитывающий влияние выполненной сверх установленного регламентом i -й регулировки при эксплуатации k -го технического средства, на показатель травмирования оператора МСХТ.

Для определения прогнозного обобщенного показателя травмирования оператора МСХТ (производственного риска) $P_{Rт.с.}$ с учетом её приспособленности к выполнению технологического процесса в условиях изменяющегося параметра состояния производственной среды, антропометрических характеристик оператора МСХТ, используется формула:

$$P_{R_{т.с.}} = \sqrt[n]{P_{R_{i_1k}} \cdot P_{R_{i_2k}} \cdot \dots \cdot P_{R_{i_nk}}}, \quad (8)$$

где $P_{R_{i_1k}}, P_{R_{i_2k}}, \dots, P_{R_{i_nk}}$ – производственный риск при выполнении i -й регулировки (устранения отказов) ($i = 1; 2; \dots; n$) при эксплуатации k -го технического средства в условиях изменяющихся параметров состояния производственной среды.

Полученные аналитические зависимости (1), (4)–(8) позволили с учетом статистических данных травматизма в растениеводческой отрасли АПК обосновать (таблица 1) количественные показатели уровня производственного риска, разработать для их определения алгоритм и компьютерную программу.

Таблица 1 – Классификация происшествий по уровню производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур

Уровень производственного риска	
Наименование уровня	Показатель уровня, % / травм за год
«минимальный»	До 14,0 / 1...5
«предельный»	14,0...29,9 / 6...11
«значительный»	30,0...46,9 / 12...17
«угрожающий»	47,0...63,9 / 18...23
«катастрофический»	64,0 и более / 24...37

Выработку корректирующих действий по предотвращению повышения уровня производственного риска рекомендуется осуществлять посредством моделирования технологического процесса с учетом уточненного показателя приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологических регулировок (рисунок 2), интенсивности их выполнения и изменения параметра состояния производственной среды (таблица 2). Установлено, что даже при «хорошей приспособленности», например, технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника к технологическим регулировкам ($K_{Пт.с.} = 0,8$), но двукратном (с 15 до 30 раз) увеличении изменения параметра состояния производственной среды, показатель травмирования оператора МСХТ возрастает в 1,15 раза.

Для создания безопасных условий труда оператора МСХТ предложены технические решения защищенные патентами Республики Беларусь.

Таблица 2 – Показатель травмирования оператора МСХТ при выполнении технологических регулировок с учетом изменения параметра состояния производственной среды

Наименование показателя	Количество изменений за смену параметра состояния производственной среды, раз					
	5	10	15	20	25	30
Показатель травмирования ($P_{R_{т.с.}}$) оператора МСХТ при выполнении технологических регулировок, %: при $K_{Пт.с.} = 0,4$	12,10	12,60	13,10	13,60	14,20*	14,80*
$K_{Пт.с.} = 0,6$	8,45	8,60	8,80	9,00	9,30	9,60
$K_{Пт.с.} = 0,8$	3,34	3,38	3,48	3,63	3,80	4,00

Примечание – *Уровень производственного риска – «предельный».



n – количество выполняемых регулировок;
 $K_{Пт.с.}$ – показатель приспособленности технического средства к проведению регулировок;
 $K_{Бпр.}$ – показатель безопасности выполнения регулировки;
 $K_{Бпр.}$ – показатель безопасности управления технологическим процессом;
 $P_{Рт.с.}$ – показатель травмирования оператора при выполнении регулировок

Рисунок 2 – Номограмма для оценки уровня производственного риска с учетом интенсивности выполнения технологических регулировок при эксплуатации технического средства

В третьей главе приведены результаты оценки производственного риска на примере различных по своему функциональному назначению технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур, определены зоны повышенной опасности при выполнении технологических регулировок [1–2; 5; 8; 11; 15–19; 22; 24; 37–38].

Для оценки производственного риска, определения потенциально опасных зон при проведении регулировочных работ технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур были выбраны с учетом статистических данных наиболее травмоопасные виды производственной деятельности (уборка и послеуборочная обработка кормов и зерновых культур, обработка почвы и посевов, механизация производства корнеклубнеплодов) и соответствующие новые технические разработки отечественного производства, в том числе, платформа с манипулятором для транспортировки кормов ПМК-10, агрегат для распределения и уплотнения кормов в хранилищах АРУК-5, погрузчик-метатель зерна ПМЗ-100, агрегат широкозахватный комбинированный АКШ-9, агрегат почвообрабатывающий многофункциональный АПМ-6А, плуг 12-корпусный оборотный ПО-(8+4)-40, сеялка пневматическая С-9, культиватор рядовой КГ-1, градоделатель навесной ГН-1, картофелесажалка СК-4, комбайн для уборки капусты КПК-1. Результаты сравнительного анализа экспертной оценки технических средств к регулировкам показали, что наименее удобными являются регулировки давления сошников на почву, рыхлителей следа колес трактора и сеялки, тормозов колесного хода (сеялка пневматическая С-9). К наиболее труднодоступным можно отнести регулирование усилий догрузки боковых секций рабочих органов агрегата широкозахватного комбинированного АКШ-9, глубины хода рыхлительных лап (агрегат почвообрабатывающий многофункциональный АПМ-6А), ширины захвата первого корпуса плуга 12-корпусного оборотного ПО-(8+4)-40 и его настройка в режиме «вне борозды». Согласно расчетам (выражение (6) для всех исследуемых технических средств уровень производственного риска классифицируется как «минимальный». Также по результатам исследований были обозначены технологические регулировки, риск травмирования при выполнении которых находится на «пределном» уровне. Например, регулировка усилия догрузки боковых секций

рабочих органов и глубины обработки почвы S-образными пружинными стойками с лапами на каждой секции (агрегат широкозахватный комбинированный АКШ-9), установка угла атаки роторов, междурядья и глубины обработки почвы (культиватор рядовой КГ-1).

Сравнительная оценка безопасности труда при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях изменения параметра состояния производственной среды дана на примере технологии промышленного выращивания клюквы. Для каждого технологического процесса установлен свой параметр состояния производственной среды. Например, согласно результатам проведенных исследований для механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков (поднятия, расчесывания и обрезки побегов клюквенника) таким параметром, характеризующим состояние производственной среды, является длина стелющихся горизонтальных побегов клюквенника (диапазон изменения параметра 0,20...0,90 м, среднее значение его изменений и соответственно количества технологических регулировок технического средства на одном чеке – 30 раз). При опрыскивании растений клюквенного чека в качестве параметра состояния производственной среды рассматривалась высота клюквенника (диапазон, количество изменений параметра и технологических регулировок на одном чеке соответственно 0,08...0,20 м и 9 раз). Аналогичный параметр состояния производственной среды учитывался и для оценки безопасности труда при выполнении технологического процесса уборки ягод «на воде». Для исследования же безопасности контактного нанесения раствора гербицида на сорную растительность использовался параметр «засоренность чека сорной растительностью» (диапазон изменения 0,10...0,30, среднее значение количества изменений параметра и технологических регулировок – 16 раз).

Расчет уровня производственного риска выполнения технологических процессов промышленного выращивания клюквы показал, что «предельный» уровень прогнозируется при механизированном уходе за клюквенным покровом промышленных чеков (таблица 3).

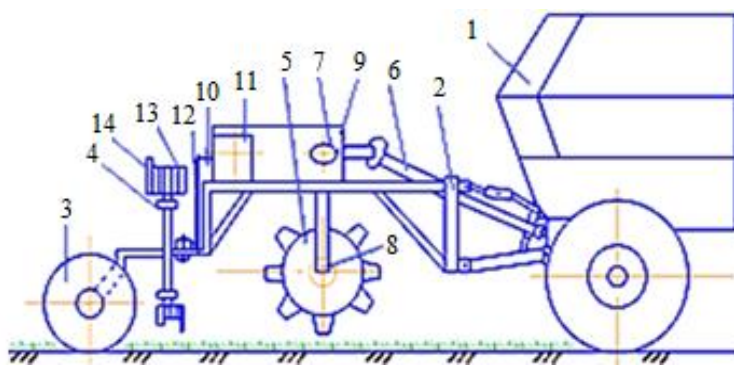
Таблица 3 – Уровень производственного риска при выполнении технологических процессов

Технологический процесс	Показатели		У _р
	$K_{Пт.с.}$	$P_{Рт.с.}, \%$	
Механизированный уход за клюквенным покровом	0,37	14,5	«предельный»
Опрыскивание растений	0,50	12,3	«минимальный»
Контактное нанесения раствора гербицида на сорную растительность	0,59	7,4	«минимальный»
Срезание и измельчение сорной растительности	0,63	3,8	«минимальный»
Уборка ягод «на воде»	0,64	3,5	«минимальный»

В четвертой главе обоснованы корректирующие действия по предотвращению повышения уровня производственного риска при эксплуатации технического средства; разработана, с учетом приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологического процесса в условиях изменения параметра состояния производственной среды, математическая мо-

дель механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков; приводятся результаты практической реализации и экономической эффективности выполненных исследований [1; 5–8; 10; 14; 21–22; 26–31].

Корректирующие действия по предотвращению повышения уровня производственного риска на примере механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков включали обоснование приспособленной к безопасному выполнению технологических регулировок конструкции рабочих органов технического средства и режимов его работы. Для обоснования конструктивных элементов рабочего органа для механизированного поднятия, расчесывания и обрезки побегов клюквенника, с учетом требуемого показателя приспособленности технического средства к технологическим регулировкам, производственного риска, реализован факторный эксперимент. Результаты исследований показали, что при использовании в конструкции технического средства (рисунок 3) в качестве рабочих элементов поднимающе-расчесывающего устройства сдвоенных пружинных зубьев, расположенных на горизонтальной цепи, приспособленность к технологическим регулировкам увеличивается в 2,2 раза в сравнении с техническим средством с прутковым поднимающе-расчесывающим рабочим органом, прогнозируемый риск травмирования оператора МСХТ уменьшается на 11,5% и составляет 3,0%, уровень производственного риска снижается до «минимального», а качество выполнения работ (полноты безопасной обрезки стелющихся побегов, P_r) увеличивается на 20%. Новизна технического решения использованного в предлагаемом техническом средстве, подтверждена патентом на изобретение.



1 – энергосредство; 2 – рама; 3 – опорные колеса; 4 – расчесывающий аппарат;
5 – ножевой барабан; 6 – карданный вал; 7, 11 – редуктор; 8 – трансмиссионный вал;
9, 12 – цепная передача; 10 – муфта; 13 – длинный зуб; 14 – короткий зуб

Рисунок 3 – Техническое средство для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника

На следующем этапе исследований были обоснованы режимы выполнения технологического процесса предложенным техническим средством, обеспечивающим в условиях изменения параметра состояния производственной среды (длины стелющихся горизонтальных побегов клюквенника, $L_{с.п.}$), безопасное и качественное (P_k) выполнение механизированных работ. В результате проведенного эксперимента выявлены наиболее существенные факторы, влияющие

на рассматриваемый процесс (рисунок 4). Математическая модель исследуемого процесса имеет следующий вид:

$$Y_1 = 88,67 - 4,12X_1 + 1,77X_2 + 0,68X_3 - 0,71X_2X_3 - 1,78 \times (X_1^2 - 0,73)^2 - 2,69(X_2^2 - 0,73)^2 - 2,91(X_3^2 - 0,73)^2, \quad (9)$$

где Y_1 – функция отклика (полнота безопасной обрезки стелющихся побегов клюквенника, %).

По результатам исследований определены рациональные значения факторов (скорость движения машинно-тракторного агрегата (МТА) – 0,66 м/с, частота вращения режущего барабана 584 с^{-1} , высота среза стелющихся побегов 0,14 м), при достижении которых обеспечивается максимальное (96,7%) значение полноты безопасной обрезки растительности на чеке. Для выбора режимов работы рассматриваемого технического средства с учетом изменения параметра состояния производственной среды разработана номограмма (рисунок 5). С целью снижения риска травмирования операторов при механизированном опрыскивании растений на чеках (таблица 3) рассмотрены наиболее значимые факторы, влияющие на безопасность этих работ: расход жидкости через распылители опрыскивателя (X_1), скорость потока воздуха (X_2), высота падения жидкости на поверхность (X_3) (рисунок 6). Реализован полный факторный эксперимент.

Варьирование факторов проводилось исходя из реального состояния параметра состояния производственной среды в пределах агроэкологических требований на опрыскивание агрохимикатом посадок клюквенника. За критерий оптимизации процесса опрыскивания растений приняли минимизацию потерь пестицида Π_{Π} (снос потоком воздуха капель используемого раствора за пределы обрабатываемых растений). Получено следующее уравнение регрессии:

$$\Pi_{\Pi} = -190h_{\Pi}^2 + 2,4v_{\text{в}}^2 - 8q_{\Pi} + 160h_{\Pi} + 9,8v_{\text{в}} - 17,3. \quad (10)$$

Определены значения факторов, при которых имеют место минимальные (16,3%) потери раствора пестицида: $q_{\Pi} = 1,15 \text{ л/мин}$; $v_{\text{в}} = 1,05 \text{ м/с}$; $h_{\Pi} = 0,55 \text{ м}$.



Рисунок 4 – Полнота безопасной обрезки (Y_1) стелющихся побегов клюквенника

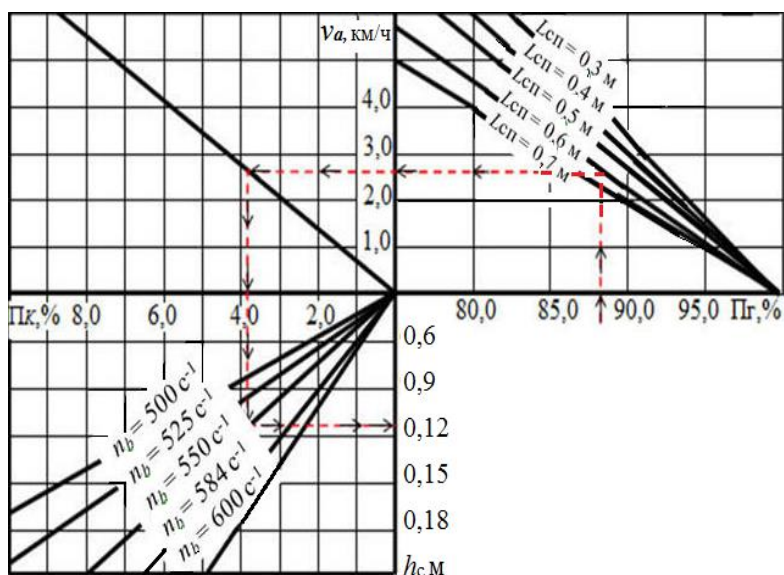
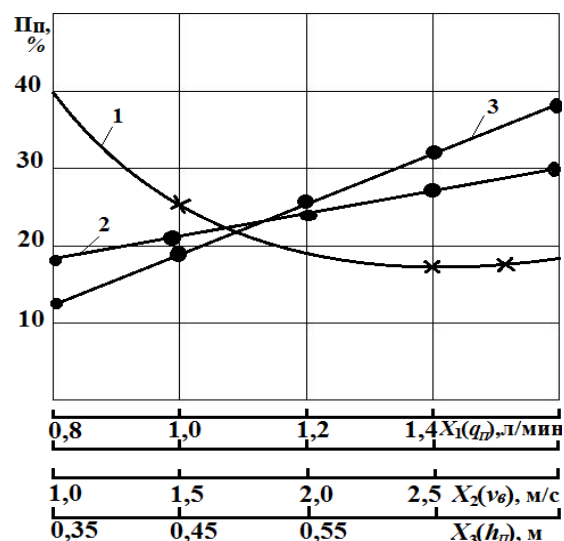


Рисунок 5 – Номограмма для выбора безопасных режимов механизированного поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника с учетом изменения параметра состояния производственной среды



- 1 – от расхода жидкости через распылители (q_n);
- 2 – скорости потока воздуха (v_b);
- 3 – высоты падения капель (h_n)

Рисунок 6 – Зависимость сноса капель жидкости (Π_n) от факторов q_n, v_b и h_n

Полученный результат достигается использованием в конструкции штанги опрыскивателя ветрозащитного устройства распылителей.

Прогнозируемый социально-экономический эффект ($\mathcal{E}_{с.э.}$) от внедрения в технологический процесс предлагаемых организационно-технических решений и практических мероприятий (компьютерных программ, патентов на изобретение на техническое средство, номограмм для оценки производственного риска и выбора безопасных режимов работы) по снижению уровня производственного риска, улучшению условий и повышению безопасности труда, рассчитанный по формуле:

$$\mathcal{E}_{с.э.} = \mathcal{E}_{у.т.} + \mathcal{E}_{п.б.} + \mathcal{E}_{п.т.р.} \quad (11)$$

где $\mathcal{E}_{у.т.}$ – эффект от использования усовершенствованного технического средства, руб.;

$\mathcal{E}_{п.б.}$ – эффект от внедрения технических решений для улучшения условий и повышения безопасности труда оператора МСХТ, руб.;

$\mathcal{E}_{п.т.р.}$ – эффект от повышения производительности труда оператора МСХТ посредством внедрения технических решений, руб., составил на примере механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков (по состоянию на 01.01.2023 г.) 1,52 тыс. руб. с одного гектара плантации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установлены теоретические зависимости для прогнозирования приспособленности технического средства к проведению регулировочных работ от показателей безопасности, доступности, а также удобства их выполнения, с учетом условий проведения технологической регулировки, физиологически возможных показателей положения туловища, руки оператора МСХТ и его антропометрических характеристик, что позволяет определить зоны повышенной опасности при выполнении технологических регулировок, прогнозировать уровень производственного риска, обосновать инженерно-технические решения для безопасной эксплуатации технического средства, в том числе, для наиболее травмоопасных видов производственной деятельности в растениеводстве (уборки и послеуборочной обработки кормов и зерновых культур, обработки почвы и посевов, механизации производства корнеклубнеплодов) [1; 9; 22; 24–25].

2. Разработаны методика и алгоритм тестирования функционального состояния технических средств с учетом показателя их приспособленности к технологическим регулировкам, безопасности выполнения, кратности изменения параметра состояния производственной среды при возделывании сельскохозяйственных культур, реализованные в компьютерной программе, что позволяет как на стадии разработки технических средств, так и при дальнейшей их эксплуатации установить уровень производственного риска (Y_p): «минимальный» (Y_p до 14,0%), «предельный» ($14,0\% \leq Y_p < 29,9\%$), «значительный» ($30,0\% \leq Y_p < 46,9\%$), «угрожающий» ($47,0\% \leq Y_p < 63,9\%$), «катастрофический» ($Y_p \geq 64,0\%$) [8–9; 19; 40].

3. Установлено, что при показателе «хорошая приспособленность» к технологическим регулировкам, например, технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника ($K_{пт.с.} = 0,8$), но двукратном (с 15 до 30 раз) увеличении изменения параметра состояния производственной среды, показатель травмирования оператора МСХТ возрастает в 1,15 раза. Разработаны корректирующие организационно-технические решения по предотвращению повышения уровня производственного риска с учетом показателя приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологических регулировок, их интенсивности и изменения параметра состояния производственной среды: обосновано и защищено патентом на изобретение техническое решение механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков, позволяющее увеличить в 2,2 раза показатель приспособленности конструкции технического средства к технологическим регулировкам, снизить до «минимального» уровня производственный риск. Предложены технические решения, защищенные патентами на изобретение, для улучшения условий и повышения безопасности труда оператора МСХТ [1; 4; 8–9; 22; 30; 33].

4. Разработана математическая модель механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков, с учетом показателя приспособленности технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелю-

щихся побегов клюквенника к безопасному выполнению технологического процесса в условиях изменения параметра состояния производственной среды, в зависимости от режимов технологического процесса (скорости движения технического средства v_a , частоты вращения режущего барабана n_b , высоты среза стелющихся побегов клюквенника h_c), что позволяет определить значения показателей ($v_a = 0,66$ м/с; $n_b = 584$ с⁻¹; $h_c = 0,14$ м) для обеспечения максимальной (96,7%) полноты безопасной обрезки растительности. Обоснованы режимы опрыскивания растений на чеках (расход жидкости через распылители – 1,15 л/мин; высота распыла – 0,55 м; скорость потока воздуха – 1,05 м/с), обеспечивающие при соблюдении регламента и качества выполнения работ минимальные (16,3%) потери раствора пестицида [7–8; 14].

5. Прогнозируемый социально-экономический эффект от внедрения в технологический процесс предлагаемых организационно-технических решений и практических мероприятий (компьютерных программ, патентов на изобретение на техническое средство, номограмм для оценки уровня производственного риска и выбора безопасных режимов работы) по снижению уровня производственного риска до «минимального», улучшению условий и повышению безопасности труда составляет, на примере механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков, 1,52 тыс. руб. с одного гектара плантации (по состоянию на 01.01.2023 г.) [6; 26].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Разработанные методика и компьютерная программа тестирования функционального состояния технического средства для возделывания сельскохозяйственных культур, с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам, безопасности их выполнения, кратности изменения параметра состояния производственной среды, апробированные в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» и ОАО «Полесские журавины» Пинского района Брестской области, рекомендуются агропредприятиям при разработке главы 3 («Требования по охране труда при выполнении работы») инструкции по охране труда в части указания зон повышенной опасности при проведении регулировочных работ технических средств, а также для планирования мероприятий и разработки корректирующих действий по устранению неприемлемого уровня производственного риска [40].

2. Усовершенствованные и защищенные патентами на изобретение конструкции технических средств и устройств для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов МСХТ рекомендуются для внедрения на агропредприятиях [33; 35; 37–39].

3. Результаты исследований рекомендуется использовать в образовательном процессе по учебным специальностям 1–74 06 07 «Управление охраной труда в сельском хозяйстве», 1–59 01 05 «Охрана труда в сельском хозяйстве», 7–06–1021–01 «Охрана труда и эргономика» [26].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Монография

1 Мисун Л.В., Агейчик В.А., Мисун А.Л. и др. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.

Статьи в научных изданиях согласно перечню ВАК

2 Азаренко В.В., Мисун Л.В., Мисун А.Л. Обоснование безопасных условий эксплуатации промышленной плантации крупноплодной клюквы // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. – 2010. – Вып. 44. – С. 139–146.

3 Мисун Л.В., Гурина А.Н., Мисун А.Л. Профессиональный отбор операторов мобильной сельскохозяйственной техники как метод предупреждения производственного травматизма в АПК // Агропанорама. – 2011. – № 5. – С. 45–48.

4 Мисун Л.В., Азаренко В.В., Мисун А.Л. и др. Исследование безопасности функционирования системы «оператор – машина – среда» в агропроизводстве // Агропанорама. – 2012. – № 2. – С. 32–35.

5 Азаренко В.В., Мисун А.Л., Ларичев А.Ю. Научно-методическое обеспечение исследований безопасности управления технологическими операциями на клюквенном чеке // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. – 2015. – Вып. 49. – С. 262–273.

6 Азаренко В.В., Мисун А.Л., Ларичев А.Ю. Результаты исследований экономической эффективности инженерно-технических решений для улучшения условий и повышения безопасности механизированного ухода за клюквенным покровом чека // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. – 2015. – Вып. 49. – С. 274–278.

7 Азаренко В.В., Леонов А.Н., Мисун А.Л. и др. Результаты исследований безопасности труда на клюквенных чеках в условиях изменяющихся параметров производственной среды // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2016. – № 1. – С. 109–116.

8 Мисун А.Л. Управление уровнем профессиональных рисков в промышленном выращивании клюквы // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб. – 2016. – Вып. 50. – С. 128–134.

9 Азаренко В.В., Мисун А.Л., Мисун А.Л. Методические подходы оценки и управления производственным риском в растениеводческой отрасли АПК Беларуси // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2017. – № 3. – С. 99–108.

Статьи в сборниках научных трудов, конференций

10 Мисун А.Л. Инженерно-технические решения для повышения производственной безопасности при эксплуатации технического средства для обрез-

ки стелющихся побегов клюквенника на промышленном чеке // Техсервис – 2012: материалы науч.-практ. конф. студ. и магистр. / редкол.: В.П. Миклуш и др.; Белор. гос. агр. техн. ун-т / г. Минск, (май 2012 г.). – Минск, 2012. – С. 196–200.

11 Мисун А.Л. Требования производственной безопасности при механизированном опрыскивании растений на клюквенном чеке // Техсервис – 2013: материалы науч.-практ. конф. студ. и магистр. / редкол.: В.П. Миклуш и др.; Белор. гос. агр. техн. ун-т / г. Минск, (май 2013 г.). – Минск, 2013. – С. 154–157.

12 Мисун А.Л. Инженерно-технические решения для улучшения условий и организации труда тракториста при опрыскивании клюквенных посадок // Техсервис – 2013: материалы науч.-практ. конф. студ. и магистр. / редкол.: В.П. Миклуш и др.; Белор. гос. агр. техн. ун-т / г. Минск, (май 2013 г.). – Минск, 2013. – С. 157–163.

13 Мисун, А.Л. Повышение эффективности и безопасности труда при механизированном опрыскивании растений на клюквенном чеке / А.Л. Мисун // НИРС–2013: сб. науч. работ студ. Респ. Беларусь. – 2014. – С. 236–240.

14 Азаренко В.В., Мисун В.Л., Мисун А.Л. Обоснование экологически безопасного режима опрыскивания посадок клюквенных чеков // Научное сопровождение инновационного развития агропромышленного комплекса: теория, практика, перспективы: материалы 65-й Междунар. науч.-практ. конф.; Рязанск. гос. агротехнолог. ун-т / г. Рязань, (май 2014 г.). – Ч. 1. – Рязань, 2014. – С. 115–119.

15 Агейчик В.А., Мисун А.Л. Повышение безопасности и эффективности эксплуатации косилки-измельчителя сорной растительности на клюквенном чеке // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. И.Н. Шило, Н.А. Лабушева; Белор. гос. агр. техн. ун-т / г. Минск, (июнь 2014 г.). – Минск, 2014. – Ч. 1. – С. 422–427.

16 Азаренко В.В., Мисун А.Л., Коваев С.В. Определение показателя безопасности управления технологической операцией опрыскивания растений на клюквенном чеке // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: И.Н. Шило и др.; Белор. гос. агр. техн. ун-т / г. Минск, (октябрь 2014 г.). – Ч. 2. – Минск, 2014. – С. 146–147.

17 Азаренко В.В., Мисун А.Л., Коваев С.В. Результаты исследования приспособленности к технологическим регулировкам технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквы на риск травмирования механизатора // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: И.Н. Шило и др.; Белор. гос. агр. техн. ун-т / г. Минск, (октябрь 2014 г.). – Ч. 2. – Минск, 2014. – С. 123–124.

18 Азаренко В.В., Мисун А.Л., Ларичев А.Ю. Направления повышения производственной безопасности технических средств для механизированных работ на клюквенном чеке // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.:

П.П. Казакевич (гл. ред.), С.Н. Паникарчик; РУП «НПЦ НАН Беларуси по механиз. с.-х.» / Минск, (октябрь 2015 г.). – Т. 2. – Минск, 2015. – С. 119–123.

19 Азаренко В.В., Мисун А.Л. Оценка уровня опасности профессиональных рисков на клюквенных чеках оператора технических средств // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – 2016. – Вып. 2. – С. 165–167.

20 Азаренко В.В., Мисун А.Л. Организация безопасной эксплуатации опрыскивателя на клюквенном чеке // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / редкол.: В.Р. Петровец (гл. ред.) и др.; Белор. гос. с.-х. акад. / г. Горки, (декабрь 2016 г.). – Вып. 2. – Горки, 2016. – С. 6–9.

21 Мисун И.Н., Мисун А.Л. Анализ причин и видов профессиональных рисков // Инновационная деятельность в модернизации АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В.А. Семькин и др.; Курск. гос. с.-х. акад. / г. Курск, (декабрь 2016 г.). – Ч. 2. – Курск, 2017. – С. 241–245.

22 Мисун А.Л. Оценка производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2017. – № 11. – С. 134–139.

23 Азаренко В.В., Мисун А.Л. Обеспечение безопасности труда при выращивании крупноплодной клюквы // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – 2018. – Вып. 3. – С. 39–41.

24 Мисун А.Л. Прогнозирование безопасного использования с.-х. машин в растениеводстве по их показателю приспособленности к выполнению технологических регулировок // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. В. Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – № 3. – С. 2–10.

25 Мисун А.Л. Прогнозирование удобства выполнения технологических регулировок технических средств с учетом антропометрических характеристик работника и условий их проведения // Горная механика и машиностроение. – 2023. – № 1. – С. 75–81.

Научно-практическое пособие

26 Мисун Л.В., Азаренко В.В., Мисун А.Л. Безопасность деятельности человека: пособие. – Минск: БГАТУ, 2018. – 140 с.

Патенты

27 ВУ патент № 5190 А1, МПК А 01Д 46/24, 2009.

28 ВУ патент № 5950 А1, МПК А 01Д 46/00, 2010.

29 ВУ патент № 13842 А1, МПК А 01Д 47/00, 2010.

30 ВУ патент № 6532 F1, МПК F 16P 1/00, 2010.

31 ВУ патент № 14905 А1, МПК А 01Д 65/00, 2011.

32 ВУ патент № 7418 А1, МПК А 01Д 47/00, 2011.

33 ВУ патент № 16179 F1, МПК F 16P 1/02, 2012.

34 ВУ патент № 8801 А1, МПК А 01М 7/00, 2013.

- 35 ВУ патент № 17465 А1, МПК А 01Д 47/00, 2013.
36 ВУ патент № 9870 А1, МПК А 01Д 47/00, 2014.
37 ВУ патент № 19401 А1, МПК А 01М 7/00, 2015.
38 ВУ патент № 20415 А1, МПК А 01М 7/00, 2016.
39 ВУ патент № 20945 А1, МПК А 01Д 47/00, 2017.

Компьютерные программы

40 Тестирование функционального состояния технического средства с учетом оценки его приспособленности к технологическим регулировкам и безопасности их выполнения: компьютер. программа (свидетельство о госрегистрации № 1166) / А.Л. Мисун, В.В. Азаренко / Нац. центр интелект. собственности Респ. Беларусь, 2019.

41 Подбор экспертов для оценки профессиональной подготовки операторов мобильной сельскохозяйственной техники: компьютер. программа (свидетельство о госрегистрации № 1184) / А.Л. Мисун, В.В. Азаренко, Л.В. Мисун и др. / Нац. центр интелект. собственности Респ. Беларусь, 2019.

РЭЗІЮМЭ

Місун Аляксей Леанідавіч

ЗАБЕСПЯЧЭННЕ БЯСПЕКАЙ ЭКСПЛУАТАЦЫІ ТЭХНІЧНЫХ СРОДКАЎ ВА ЁМОВАХ ЗМЯНЯЛЬНАГА ПРЫРОДНА-ТЭХНАГЕННАГА АСЯРОДДЗЯ РАСЛІНАВОДСТВА ШЛЯХАМ КІРАВАННЯ РЫЗЫКАЙ

Ключавыя словы: БЯСПЕКА, ЭКСПЛУАТАЦЫЯ, ТЭХНІЧНЫ СРОДАК, ВЫРОШЧВАННЕ СЕЛЬСКАГАСПАДАРЧЫХ КУЛЬТУР, ВЫТВОРЧАЯ РЫЗЫКА, КІРАВАННЕ

Мэта даследаванняў: забеспячэнне бяспечнай эксплуатацыі тэхнічных сродкаў для вырошчвання сельскагаспадарчых культур.

Метады даследаванняў і выкарыстаная апаратура. Тэарэтычныя і эксперыментальныя даследаванні выкананы з ужываннем метадаў экспертнай ацэнкі, тэорыі мэтанакіраванай механікі чалавека, матэматычнай статыстыкі і планавання эксперыменту. Апрацоўка вопытных даных выраблена з выкарыстаннем стандартных пакетаў прыкладных праграм (Statistica 6, MatLab 6 і інш.).

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Устаноўлены тэарэтычныя залежнасці для прагназавання прыстасаванасці тэхнічнага сродку да правядзення рэгулявальных работ ад паказчыкаў бяспекі, зручнасці і даступнасці іх выканання, адрозная ад існуючых тым, што дае магчымасць прагназаваць магчымыя ўзроўні вытворчай рызыкі для найбольш траўманебяспечных відаў вытворчай дзейнасці ў раслінаводстве. Распрацаваны метадыка і алгарытм тэсціравання функцыянальнага стану тэхнічных сродкаў з улікам паказчыка іх прыстасаванасці да тэхналагічных рэгуляванняў, бяспекі выканання, кратнасці змянення параметра стану вытворчага асяроддзя, рэалізаваныя ў камп'ютарнай праграме, зарэгістраванай у Нацыянальным цэнтры інтэлектуальнай уласнасці Рэспублікі Беларусь. Распрацавана, на прыкладзе механізаванага догляду журавінавага покрыва прамысловых чэкаў, матэматычная мадэль бяспечнага тэхналагічнага працэсу, абгрунтаваны тэхнічныя рашэнні для паляпшэння ўмоў і павышэння бяспекі працы, абароненыя патэнтамі на вынаходства.

Рэкамендацыі па выкарыстанні:

– інжынернай службай аграпрадпрыемства для распрацоўкі Інструкцыі па ахове працы (раздзел 3 «Патрабаванні па ахове працы пры выкананні працы»), у частцы ўказання зон павышанай небяспекі пры правядзенні рэгулявальных работ тэхнічных сродкаў, планавання мерапрыемстваў і карэкціруючых дзеянняў па прадухіленні павышэння ўзроўню вытворчай рызыкі;

– у адукацыйным працэсе ва ўстановах адукацыі па спецыяльнасці 1–76 06 07 «Упраўленне аховай працы ў сельскай гаспадарцы», 1–59 01 05 «Ахова працы ў сельскай гаспадарцы», 7–06–1021–01 «Ахова працы і эрганоміка».

Вобласць ужывання: арганізацыі і прадпрыемствы Мінсельгасхарча.

РЕЗЮМЕ

Мисун Алексей Леонидович

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ РИСКОМ

Ключевые слова: БЕЗОПАСНОСТЬ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ, ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РИСК, УПРАВЛЕНИЕ

Цель исследований: обеспечение безопасной эксплуатации технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур.

Методы исследований и использованная аппаратура. Теоретические и экспериментальные исследования выполнены с применением методов экспертной оценки, теории целенаправленной механики человека, математической статистики и планирования эксперимента. Обработка опытных данных проводилась с использованием стандартных пакетов прикладных программ (Statistica 6, MatLab 6 и др.).

Полученные результаты и их новизна. Установлены теоретические зависимости для прогнозирования приспособленности технического средства к проведению регулировочных работ от показателей безопасности, удобства и доступности их выполнения, отличающаяся от существующих тем, что позволяет прогнозировать возможные уровни производственного риска для наиболее травмоопасных видов производственной деятельности в растениеводстве. Разработаны методика и алгоритм тестирования функционального состояния технических средств с учетом показателя их приспособленности к технологическим регулировкам, безопасности выполнения, кратности изменения параметра состояния производственной среды, реализованные в компьютерной программе, зарегистрированной в Национальном центре интеллектуальной собственности Республики Беларусь. Разработана, на примере механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков, математическая модель безопасного технологического процесса, обоснованы технические решения для улучшения условий и повышения безопасности труда, защищенные патентами на изобретение.

Рекомендации по использованию:

– инженерной службой агропредприятия для разработки инструкции по охране труда (глава 3 «Требования по охране труда при выполнении работы»), в части указания зон повышенной опасности при проведении регулировочных работ технических средств, планирования мероприятий и корректирующих действий по предотвращению повышения уровня производственного риска;

– в образовательном процессе в учреждениях образования по специальности 1–76 06 07 «Управление охраной труда в сельском хозяйстве», 1–59 01 05 «Охрана труда в сельском хозяйстве», 7–06–1021–01 «Охрана труда и эргономика».

Область применения: организации и предприятия Минсельхозпрода.

SUMMARY

Misun Aleksey Leonidovich

ENSURING SAFE OPERATION OF TECHNICAL EQUIPMENT IN THE CHANGING NATURAL-TECHNICAL ENVIRONMENT OF PLANT PRODUCTION BY MANAGING PRODUCTION RISK

Keywords: SAFETY, OPERATION, TECHNICAL MEANS, CULTIVATION OF AGRICULTURAL CROPS, PRODUCTION RISK, MANAGEMENT

The purpose of research: ensuring the safe operation of technical means for the cultivation of agricultural crops.

Research methods and equipment used. Theoretical and experimental studies were carried out using expert assessment methods, theory of purposeful human mechanics, mathematical statistics, and experiment planning. The processing of experimental data was performed using standard application packages (Statistica 6, MatLab 6, etc.).

The results and their novelty. Theoretical dependencies have been established for predicting the suitability of a technical means for carrying out regulatory work on the indicators of safety, convenience and accessibility of their implementation, which differs from existing ones in that it allows one to predict possible levels of production risk for the most traumatic types of production activities in crop production. A methodology and algorithm for testing the functional state of technical equipment has been developed, taking into account the indicator of their adaptability to technological adjustments, the safety of execution, the frequency of changes in the parameter of the state of the production environment, implemented in a computer program registered with the National Center for Intellectual Property of the Republic of Belarus. Using the example of mechanized care of industrial cranberry cover, a mathematical model of a safe technological process has been developed, and technical solutions for improving conditions and increasing labor safety, protected by invention patents, have been substantiated.

Recommendations for use:

– the engineering service of the agricultural enterprise to develop instructions for labor protection (chapter 3 «Requirements for labor protection when performing work»), in terms of indicating areas of increased danger when adjusting technical equipment, planning measures and corrective actions to prevent an increase in the level of production risk;

– in the educational process in educational institutions in the specialty 1–76 06 07 «Labor protection management in agriculture», 1–59 01 05 «Labor protection in agriculture», 7–06–1021–01 «Occupational safety and ergonomics».

Scope: organizations and enterprises of the Ministry of Agriculture and Food.



ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научное издание

МИСУН Алексей Леонидович

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ
ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ СРЕДЫ РАСТЕНИЕВОДСТВА
ПУТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ РИСКОМ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.26.01 – охрана труда
(сельское хозяйство и перерабатывающая промышленность
агропромышленного комплекса)

Подписано в печать 19.10.23. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.
Ризография. Усл. печ. л. 1,52. Уч.-изд. л. 1,02. Тираж 60 экз. Заказ 470.

Издатель и полиграфическое исполнение –
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

Ул. Блохина, 29, 211440, г. Новополоцк.