

- материалы Междунар. науч.-практ. конф.; Минск, 4–6 июня 2014 г.: в 2 ч. Ч. 1. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 393–396.
2. Алешковская, В.В. Практическое руководство по эксплуатации аспирационных и пневмотранспортных систем на предприятиях перерабатывающей промышленности / В.В. Алешковская. – М.: ДеЛи, 2000. – 148 с.
 3. Самарский, А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М.: Физматлит, 2002. – 320 с.
 4. Шаптала, В.В. Обоснование оптимальных параметров аспирационных систем по критериям охраны труда / В.В. Шаптала // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2005. – № 12. – С. 91–94.
 5. Шаптала, В.В. Исследование факторов формирования запыленности производственных помещений перерабатывающих предприятий агропромышленного комплекса / В.В. Шаптала, Б.А. Храмов // Тонкие наукоемкие технологии: доклады науч.-практ. конф. – Губкин: БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2004. – С. 124–127.
 6. Мисун, Л.В. Экологическая безопасность на объектах АПК: пособие / Л.В. Мисун, И.Н. Мисун, А.Н. Гурина. – Минск: БГАТУ, 2012. – 216 с.
 7. Состояние условий труда и профессиональной заболеваемости в Республике Беларусь. Информационный бюллетень / Сост.: А.В. Ракевич, А.А. Макаруч, Т.И. Бирюк. – Минск: ГУ РЦГЭ и ОЗ, 2013. – 11 с.

УДК 634.437.8

А.Л. Мисун
(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь)

**УПРАВЛЕНИЕ УРОВНЕМ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ В
ПРОМЫШЛЕННОМ ВЫРАЩИВАНИИ
КЛЮКВЫ**

Введение

Развитие агропромышленного комплекса Республики Беларусь предусматривает устойчивый рост сельскохозяйственного производства за счет повышения производительности и качества работы, которое напрямую зависит от состояния условий и охраны труда. Следует, однако, отметить, что состояние условий и охраны труда в АПК на протяжении последних десятилетий остается непростым, а наиболее травмоопасной отраслью сельскохозяйственного производства является растениеводство (плюс переработка сельскохозяйственной продукции) – около 30 процентов от всех случаев травматизма. Совершенно очевидно, что процесс эффективного управления системной безопасностью работника в природно-техногенной среде невозможен без научно обоснованного прогноза и ожидаемых последствий негативного воздействия опасных и вредных факторов, сопутствующих производственной деятельности.

Основным понятием, характеризующим степень защищенности операторов мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) от влияния риска в процессе их производственной деятельности, является безопасность. На сегодняшний день экономическое стимулирование создания безопасных условий труда приобретает новую социальную значимость. Одну из важнейших ролей здесь играет идентификация опасностей профессиональных рисков [1] при выполнении механизированных работ, их количественная оценка.

Актуальность изучения вопросов профессиональных рисков в ряде стран, в том числе и в Республике Беларусь, в настоящее время резко возрастает. Это обусловлено, во-первых, необходимостью активизации профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья работников, во-вторых, правовыми последствиями, связанными с учетом уровня риска при оценке качества управления охраной труда в рассматриваемой производственной системе. На данный момент существует много различных подходов к оценке профессиональных рисков, среди

которых вряд ли можно выделить некий универсальный, который подошел бы всем агропредприятиям. Поэтому выбор способа оценки риска специалисты делают самостоятельно.

Материалы и методы исследования

Для обоснования выбора экспертов для оценки безопасности, удобства и доступности технологических регулировок технических средств использовался «знаковый» статистический метод. Выбор безопасных режимов работы средств механизации, используемых на клюквенных чеках, осуществлялся методом регрессионного анализа. Для определения обобщенного показателя риска травмирования оператора применялась теория вероятностей.

В качестве объекта исследований была выбрана технология промышленного выращивания клюквы, в которой предусматривается годовой цикл выполнения работ и практически стопроцентная их механизация на клюквенных чеках, построенных на Белорусском Полесье, не исключено при этом проявление профессиональных рисков. Существенным образом это зависит от ряда параметров состояния производственной среды, в том числе и от состояния откосов чека, тем более что более десяти процентов травмирования в АПК как раз приходится на выполнение сельскохозяйственных работ на полях, где имеются откосы, каналы и овраги, а возможности адаптации механизатора к изменениям параметров состояния производственной среды весьма ограничены [2, 3].

Результаты и их обсуждение

Установлено, что для оценки профессиональных рисков важнейшее значение имеет показатель безопасности использования технических средств, характеризующийся их приспособленностью к различного вида технологическим регулировкам. Для выбора экспертов для оценки приспособленности технических средств к технологическим регулировкам использовался «знаковый» статистический метод – непараметрический подход результатов тестирования экспертов, когда закон распределения неизвестен и выводы основываются не на самих данных, а на знаках определенных функций от них. Кандидаты в эксперты оценивались по обобщенному показателю, который рассчитывался как среднее арифметическое значение нормализованных оценок по результатам трех тестов – на технический интеллект, ответственность и надежность в работе, эмоциональную устойчивость. Результаты обработки полученных данных позволили получить уравнение регрессии для оценки профессионально значимых качеств у предполагаемых экспертов [4]:

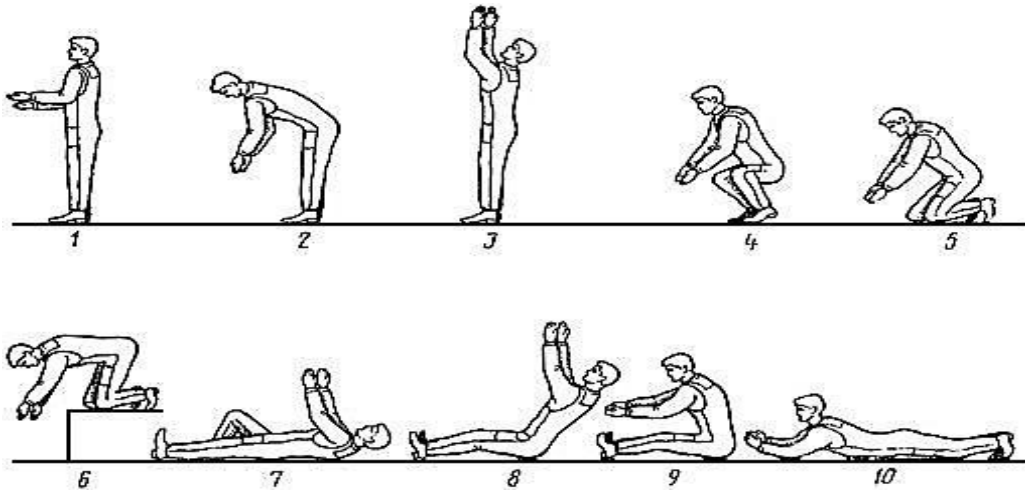
$$Y = -1,77 + 2,86X_1'' + 1,61X_2'' + 2,28X_3''$$

где Y – оценка профессионально значимых качеств у предполагаемых экспертов;

$X_{1...3}''$ – нормализованные оценки результатов тестирования.

Для сравнения экспертами безопасности, удобства и доступности выполнения технологических регулировок использовалась оценочная шкала от одного до пяти баллов: пять баллов означали высокую приспособленность технического средства к технологическим регулировкам, а в один балл оценивалась крайне низкая его приспособленность. При этом оценка безопасности регулировок проводилась, исходя из местоположения механизатора, мер и действий, необходимых для обеспечения этого требования. Регулировка, производящаяся из кабины трактора, когда не требовались остановка машинно-тракторного агрегата и выключение рабочего органа технического средства, то есть исключалась вероятность нахождения механизатора в потенциально опасных ситуациях, оценивалась в пять баллов. Самая низкая оценка выставлялась технологической регулировке, при выполнении которой необходимо было находиться в зоне возможного произвольного опускания рабочих органов технического средства.

Для оценки удобства проведения регулировки учитывалось положение тела и рук механизатора в ходе ее выполнения (рисунки 1).



1, 2, 3 – удобные позы; 4, 5, 7 – среднеудобные позы; 6, 8, 9, 10 – неудобные позы

Рисунок 1. – Положение тела оператора технических средств при выполнении технологических регулировок [5]

Степень доступности регулировки оценивалась с учетом наличия пространства для ее выполнения: если не требовалось, чтобы механизм покидал кабину трактора, агрегируемого с одним из технических средств, используемых на клюквенных чеках, то регулировка оценивалась в пять баллов. Низшую оценку имела регулировка, требующая разборки узла рабочего органа технического средства.

Для вывода аналитической зависимости показателя приспособленности технического средства к технологической регулировке от безопасности, удобства и доступности ее выполнения учитывалось следующее:

– максимальным значение суммы баллов, выставленных экспертами за выполнение регулировки, будет, когда все значения показателей ее приспособленности (удобства, доступности и безопасности) оцениваются экспертами в пять баллов. При этом

$$S_1 = 5 \cdot t,$$

где t – число показателей приспособленности i -той регулировки k -того технического средства.

Тогда

$$\begin{cases} S_2 = 25 \cdot t; \\ S_3 = 125 \cdot t; \\ K_{II} = 1,0, \end{cases}$$

где K_{II} – показатель приспособленности рабочего органа технического средства к технологической регулировке;

– среднее значение суммы баллов за безопасное выполнение регулировки равно 2,5. В этом случае

$$\begin{cases} S_1 = 2,5 \cdot t; \\ S_2 = 6,25 \cdot t; \\ S_3 = 15,625 \cdot t; \\ K_{II} = 0,5; \end{cases}$$

– наименьшее значение S_1 принимает, когда все показатели приспособленности рабочего органа технического средства к технологической регулировке оценены одним баллом и выполняется условие:

$$S_1 = S_2 = S_3 \quad \text{и равны } t, \quad \text{а } K_{II} = 0.$$

Принимая во внимание вышеизложенное, была составлена система уравнений:

$$\begin{cases} a \cdot 5t + b \cdot 25t + c \cdot 125t = 1,0; \\ a \cdot 2,5t + b \cdot 6,25t + c \cdot 15,625t = 0,5; \\ at + bt + ct = 1,0; \end{cases}$$

решение которой позволило получить зависимости для определения коэффициентов a, b, c :

$$a = \frac{1}{10,15t}; \quad b = -\frac{1}{11,5t}; \quad c = -\frac{1}{176,25t}.$$

После соответствующих математических вычислений и преобразований получена следующая зависимость [6]:

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

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

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

Выражение (1) позволяет с учетом результатов предварительного анкетирования безопасности, удобства и доступности технологической регулировки рабочего органа технического средства оценить его приспособленность ($K_{\Pi_{ik}}$) к выполнению механизированных работ.

Обобщенный показатель приспособленности k -того технического средства к технологическим регулировкам на клюквенном чеке ($K_{\Pi_{т.с.}}$) рассчитывался как среднее геометрическое значений $K_{\Pi_{ik}}$.

Безопасность выполнения отдельно взятой i -той технологической регулировки технического средства ($K_{Б_{P_i}}$) определялась по формуле [7]:

$$K_{Б_{P_i}} = 1,5 \cdot K_{\Pi_i} - 0,5 \cdot K_{\Pi_i}^2.$$

Риск травмирования оператора при выполнении i -той технологической регулировки k -того технического средства ($P_{R_{ik}}$) равен:

$$P_{R_{ik}} = [1 - (1,5 \cdot K_{\Pi_{ik}} - 0,5 \cdot K_{\Pi_{ik}}^2)] p_{ik},$$

где p_{ik} – статистическая вероятность выполнения за смену i -той регулировки k -того технического средства (определяется с учетом изменений параметров производственной среды).

Для определения прогнозного обобщенного показателя риска травмирования оператора при выполнении им регулировок k -того технического средства ($P_{R_{т.с.}}$) для j -того технологического процесса использовалась формула для расчета средней геометрической значений $P_{R_{ik}}$:

$$P_{R_{т.с.}} = \sqrt[n]{P_{R_{1k}} \cdot P_{R_{2k}} \cdot \dots \cdot P_{R_{jk}}},$$

где $P_{R_{1k}}, P_{R_{2k}}, \dots, P_{R_{jk}}$ – риск травмирования оператора при выполнении им i -той регулировки ($i = 1, 2, \dots, n$) k -того технического средства.

Безопасность проведения технологических регулировок технических средств в течение года их эксплуатации в условиях изменяющихся параметров производственной среды $P_{т.р.}$ рассчитывается по формуле:

$$P_{T.P.} = \prod_{k=1}^m P(A_k),$$

где m – количество технических средств, используемых согласно технологии на чеке в течение года;

$P(A_k)$ – вероятность безопасного выполнения технологических регулировок k -того технического средства при его эксплуатации в течение года:

$$P(A_k) = 1 - P_{R.T.C.}$$

Оценка опасности профессиональных рисков в промышленном выращивании клюквы проводилась с учетом полученных значений прогнозного обобщенного показателя риска травмирования оператора и включала рассмотрение всех пяти уровней – «минимального», «предельного», «значительного», «угрожающего» и «катастрофического» (таблица 1). При этом применительно к рассматриваемой технологии были выявлены наиболее травмоопасные регулировки, например регулировка поднимающе-расчесывающего рабочего органа и дополнительной секции технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов на откосах чека, наименее удобные – регулировки глубины установки в клюквеннике поднимающе-расчесывающего рабочего органа и положения вальца для контактного нанесения раствора гербицида относительно сорной растительности. Также определены наиболее труднодоступные регулировки.

Таблица 1. – Уровни опасности профессиональных рисков

Наименование уровней опасности профессиональных рисков	Уровень опасности профессиональных рисков, %
«Минимальный»	до 14,0
«Предельный»	14,0...30,0
«Значительный»	30,0...47,0
«Угрожающий»	47,0...64,0
«Катастрофический»	64,0 и более

Установлено, что «предельный» уровень опасности профессиональных рисков (с количеством регулировок рабочих органов за смену от 30 и более) прогнозируется при выполнении технологического процесса поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника. Несколько повышенный уровень зафиксирован при опрыскивании посадок на чеках. Для остальных механизированных работ установлен «минимальный» уровень опасности профессиональных рисков.

С учетом результатов исследований была обоснована конструкция технического средства для безопасного механизированного поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника [8], обладающая требуемой приспособленностью к технологическим регулировкам, для чего был реализован отсеивающий факторный эксперимент и получено уравнение регрессии:

$$Y_1 = 88,67 - 4,8X_1^r - 29X_2^e - 2,5X_3^k, \quad (2)$$

где Y_1 – полнота обрезки стелющихся побегов клюквенника;

X_1^r – скорость движения машинно-тракторного агрегата;

X_2^e – тип расчесывающего устройства;

X_3^k – конфигурация рабочих элементов поднимающе-расчесывающего устройства.

Анализ выражения (2) показал, что рациональное сочетание значений рассмотренных факторов для достижения высокой степени полноты (более 95 %),

безопасности обрезки растений имеет место, когда скорость движения машинно-тракторного агрегата – 2,6 км/ч, тип расчесывающего устройства – гребенка, конфигурация рабочих элементов поднимающе-расчесывающего устройства – сдвоенные пружинные зубья.

В последующем были определены рациональные значения режимов работы технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника – скорости движения машинно-тракторного агрегата, частоты вращения режущего барабана, высоты среза стелющихся побегов, при которых достигается максимальный (96,7 %) показатель полноты их обрезки; разработана номограмма для выбора режимов работы с учетом изменяющихся параметров состояния производственной среды.

Результаты исследований усовершенствованного технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника свидетельствуют, что показатель его приспособленности к технологическим регулировкам увеличивается в 2,2 раза в сравнении с техническим средством с прутковым поднимающе-расчесывающим рабочим органом, появляется возможность дополнительно производить обрезку стелющихся побегов клюквенника на откосах чека. При этом прогнозируемый риск травмирования оператора технического средства уменьшается на 11,5 % и составляет 3 %, а уровень опасности профессиональных рисков снижается до «минимального».

Для обоснования безопасной эксплуатации опрыскивателя, минимизации профессиональных рисков при обработке промышленных клюквенных посадок раствором пестицида был реализован полный факторный эксперимент. Варьирование факторов проводилось, исходя из реальных параметров состояния производственной среды в пределах агроэкологических требований на опрыскивание посадок клюквенника. За критерий оптимизации процесса опрыскивания растений приняли минимизацию потерь раствора пестицида (Π_{Π}) – сноса потоком воздуха капель используемого раствора за пределы обрабатываемых растений. После математической обработки результатов исследований получено уравнение регрессии:

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

которое позволяет с учетом изменений скорости ветра ($v_{\text{в}}$), расхода раствора пестицида через распылители (q_{Π}), высоты опрыскивания (h_{Π}) выбирать режим обработки посадок клюквенных чеков при минимизации нерегламентированных потерь рабочего раствора.

Заключение

Установлено, что «предельный» уровень опасности профессиональных рисков на клюквенных чеках прогнозируется при выполнении технологического процесса поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника. Для остальных технологических процессов, выполняемых на клюквенных чеках, установлен «минимальный» уровень опасности. Обоснованы рациональные режимы технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника (скорость движения МТА – 2,37 км/ч, частота вращения режущего барабана технического средства – 584 мин⁻¹, высота среза побегов – 14,4 см), усовершенствована конструкция технического средства, что обеспечивает максимальную (96,7 %) полноту обрезки растений, увеличение в 2,2 раза его приспособленности к технологическим регулировкам, уменьшение до 3 % риска травмирования оператора. Определены безопасные режимы опрыскивания посадок клюквенника (расход жидкости через распылители – 1,15 л/мин, высота распыла – 0,56 м, скорость потока воздуха – 1,05 м/с), обеспечивающие при соблюдении регламента и качества выполнения работ минимальные (16,3 %) потери раствора пестицида.

Полученные результаты исследования рекомендуются агропредприятиям для разработки мер по совершенствованию системы управления охраной труда (СУОТ) в части планирования мероприятий по идентификации опасностей и оценке профессиональных рисков (п. 4.3.1 СТБ 18001–2009).

18.05.2016

Литература

1. Система управления охраной труда: СТБ 18001–2009. – Введ. 01.10.2009. – Минск: Госстандарт, 2009. – 17 с.
2. Азаренко, В.В. Обоснование безопасных условий эксплуатации промышленной плантации крупноплодной клюквы / В.В. Азаренко, Л.В. Мисун, А.Л. Мисун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механиз. сельск. хоз-ва». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 139–146.
3. Мисун, Л.В. Профессиональный отбор операторов мобильной сельскохозяйственной техники как метод предупреждения производственного травматизма в АПК / Л.В. Мисун, А.Н. Гурина, А.Л. Мисун // Агропанорама. – 2011. – № 5. – С. 45–48.
4. Азаренко, В.В. Научно-методическое обеспечение исследований безопасности управления технологическими операциями на клюквенном чеке / В.В. Азаренко, А.Л. Мисун, А.Ю. Ларичев // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2015. – Вып. 49. – С. 262–273.
5. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы оценки приспособленности к техническому обслуживанию: ГОСТ 26026–83. – Введ. 19.12.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.
6. Азаренко, В.В. Результаты исследований безопасности труда на клюквенных чеках в условиях изменяющихся параметров производственной среды / В.В. Азаренко, А.Н. Леонов, А.Л. Мисун, А.Ю. Ларичев // Весці акадэміі навук Беларусі. Сер. Аграрных навук. – 2016. – № 1. – С. 109–116.
7. Олянич, Ю.Д. Результаты теоретических исследований и моделирования условий безопасного функционирования человеко-машинных систем / Ю.Д. Олянич, В.С. Шкрабак, А.П. Лапин, А.Н. Лопатин // Охрана труда и здоровья работников АПК России: сб. тр. ВНИИОТ. – Орел: ВНИИОТ, 1993. – С. 32–40.
8. Мисун, Л.В. Обоснование режимов работы технического средства для ухода за клюквенным покровом промышленной плантации / Л.В. Мисун, А.Н. Леонов, В.В. Азаренко, А.Л. Мисун // Агропанорама. – 2010. – № 2. – С. 6–13.

УДК 631.363.7

М.В. Навныко
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь)

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА СПИРАЛЬНО-ЛОПАСТНОГО СМЕСИТЕЛЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Введение

При обосновании основных параметров и режима работы спирально-лопастного смесителя влажных кормовых смесей, являющегося важнейшим элементом комплектов оборудования для их приготовления, наряду с теоретическими необходимо проведение экспериментальных исследований с целью получения математической модели функционирования данного смесителя, которая отражает взаимосвязь между