

УДК 631.158:658.345

## ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РИСКА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Ал. Л. МИСУН

(Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск)

*Предложен методический подход для оценки производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур, отличающийся от существующих тем, что позволяет на стадии разработки технического средства прогнозировать возможный риск травмирования оператора мобильной сельскохозяйственной техники с учетом показателя ее приспособленности к выполнению технологического процесса и изменяющихся параметров состояния производственной среды.*

**Ключевые слова:** травматизм, возделывание сельскохозяйственных культур, производственный риск, оценка, методический подход.

**Введение.** Улучшение условий и охраны труда, сохранение жизни и здоровья работающих – один из приоритетных направлений социально-экономической политики в Республике Беларусь. Полное исключение из процесса труда формирования неблагоприятных для здоровья факторов не всегда возможно даже в тех производствах, где внедрены передовая технология, современное оборудование, высокая культура производства и качественное медицинское обслуживание. Это касается и агропроизводства, которое к тому же сопряжено и с целым рядом природно-климатических факторов. Несмотря на использование современных технологий производства сельскохозяйственной продукции, уровень травматизма на предприятиях агропромышленного комплекса (АПК) остается высоким, а одной из наиболее травмоопасных отраслей считается растениеводство (плюс переработка сельскохозяйственной продукции), где происходит около 30% от всех несчастных случаев в АПК с тяжелым исходом. Даже строгое соблюдение требований безопасности при возделывании сельскохозяйственных культур не гарантирует возникновения рисковенных для здоровья работающих ситуаций. Решение этой проблемы послужило основанием выбора направления исследования – совершенствование научно-методического обеспечения оценки производственного риска как на стадии разработки технических средств, так и при дальнейшем их использовании, с учетом изменяющихся параметров состояния производственной среды.

**Основная часть.** При обосновании методического подхода для оценки производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур учитывалось, что подавляющее число случаев производственного травматизма операторов связано с выполнением работ по технологической настройке и устранению отказов сельскохозяйственной техники. Сложившаяся ситуация во многом объясняется недостаточной приспособленностью техники – удобства, доступности и безопасности выполнения этих работ в условиях как постоянного присутствия на рабочем месте операторов опасных производственных факторов (подвижных частей оборудования, острых кромок и заусениц на поверхностях технического средства, проведением регулировочных работ на значительной высоте относительно поверхности земли и др.), так и изменяющихся параметров состояния производственной среды, когда оператору приходится многократно (десятки раз за смену) выполнять регулировку технического средства или устранение отказа, что в дальнейшем сказывается на утомляемости и приводит к повышению риска травмирования работника.

Для решения поставленной задачи на начальном этапе предусматривается подбор экспертов. Кандидаты в эксперты оцениваются по обобщенному показателю с учетом их технического интеллекта, ответственности и надежности в работе, а также эмоциональной устойчивости. Уравнение регрессии для оценки профессионально значимых качеств у предполагаемых экспертов имеет следующий вид [1]:

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

где  $Y$  – оценка профессионально значимых качеств у предполагаемых экспертов;  $X_{1...3}^{u(n; \varepsilon)}$  – нормализованные оценки результатов тестирования.

При проведении экспертной оценки удобства, доступности и безопасности выполнения технологических регулировок и устранения отказов мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) все регулировки делятся, в частности, на оперативные и установочные. К оперативным относятся технологические регулировки, выполнение которых не требует прерывания работы технического средства, либо регулировки, выполняющиеся неоднократно в течение рабочей смены с прерыванием технологического

процесса (остановкой машины, выключением рабочих органов и т.д.). Установочными считаются регулировки, выполнение которых производится не чаще одного раза в рабочую смену и требует прерывания технологического процесса [2].

Для сравнения удобства, доступности и безопасности выполнения технологических регулировок и устранения отказов МСХТ рекомендуется оценочная шкала от одного до пяти баллов; пять баллов означает высокую приспособленность технического средства к проведению этих работ, а одним баллом оценивается крайне низкая приспособленность регулировки рабочего органа для безопасного и эффективного их выполнения.

Для оценки удобства проведения регулировки учитывается положение тела и рук оператора МСХТ в ходе ее выполнения. Так, регулировка, при выполнении которой оператор МСХТ сидит, держа руки перед собой на уровне груди, оценивается в пять баллов. Этот вариант встречается при регулировании режимов работы рабочего органа средств механизации из кабины МСХТ. При работе оператора МСХТ с объектом регулирования сидя, с поворотом или наклоном туловища до 90 градусов, регулировка оценивается в четыре балла. В два балла оценивается регулировка, выполняемая с использованием дополнительных опор, подставок и др.

Для определения степени доступности проведения технологических операций для поддержания работоспособности МСХТ учитывается наличие пространства для их выполнения. Если не требуется, чтобы оператор покидал кабину МСХТ, то, например, регулировка оценивается в пять баллов. В случае если для поступления доступа к ней оператору МСХТ необходимо откинуть щиток, крышку и др., степень доступности выполняемой работы принимается равной четырем баллам. Регулировка вблизи цепных или ременных передач оценивается в три балла. Самую низшую оценку имеет регулировка, требующая разборки узла рабочего органа технического средства.

Оценка безопасности выполняемых оператором работ по поддержанию работоспособности техники проводится исходя из местоположения оператора МСХТ, мер и действий, необходимых для обеспечения этого требования. Так, например, регулировка, производящаяся из кабины МСХТ, когда не требуется ее остановка и выключение рабочего органа технического средства, то есть исключена вероятность нахождения оператора МСХТ в потенциально опасных зонах, имеет оценку пять баллов. Безопасность же регулировки, выполняемой вне кабины МСХТ и требующей остановки технического средства, выключения рабочего органа, когда оператор МСХТ полностью находится в зоне режущих или колющих деталей машины, оценивается в три балла. Оценка в два балла выставляется при технологической регулировке, при выполнении которой необходимо находиться в зоне возможного произвольного опускания рабочих органов технического средства или отсутствия защитного устройства карданной передачи.

В результате проведенных исследований получено следующее выражение [3] для определения показателя приспособленности выполнения технологической регулировки (устранения отказа) технического средства:

$$K_{П_{ik}} = \frac{15,3 \cdot S_{ik}^l - 17,4 \cdot S_{ik} - S_{ik}^m}{176 \cdot t}, \quad (2)$$

где  $K_{П_{ik}}$  – показатель приспособленности  $k$ -того технического средства к  $i$ -той технологической регулировке;  $a, b, c$  – коэффициенты удобства, доступности и безопасности регулировочных работ;  $S_{ik}$  – 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;  $t$  – число показателей приспособленности  $i$ -той регулировки  $k$ -того технического средства.

Обобщенный показатель приспособленности  $k$ -того технического средства к технологическим регулировкам ( $K_{П_{r,c}}$ ) рассчитывается как среднее геометрическое значений  $K_{П_{i,k}}$ .

Безопасность выполнения отдельно взятой  $i$ -той технологической регулировки (устранения отказов) технического средства ( $K_{Б_{p_i}}$ ) определяется по следующей формуле [4]:

$$K_{Б_{p_i}} = 1,5 \cdot K_{П_i} - 0,5 \cdot K_{П_i}^2. \quad (3)$$

Производственный риск при выполнении  $i$ -той технологической регулировки  $k$ -того технического средства ( $P_{R_k}$ ) (устранения отказа) определяется как

$$P_{R_k} = [1 - (1,5 \cdot K_{П_{ik}} - 0,5 \cdot K_{П_{ik}}^2)] p_{ik} \cdot K_{n,c}. \quad (4)$$

В формуле (4)  $p_{ik}$  – статистическая вероятность выполнения за смену  $i$ -той регулировки  $k$ -того технического средства;  $K_{n.c}$  – коэффициент, учитывающий влияние изменения параметра состояния производственной среды на показатель травмирования оператора МСХТ при выполнении  $i$ -той регулировки  $k$ -того технического средства.

Для определения прогнозного обобщенного показателя производственного риска травмирования оператора МСХТ с учетом ее приспособленности к выполнению технического процесса в условиях изменяющихся параметров состояния производственной среды используется формула для расчета средней геометрической значений  $P_{R_{ik}}$ :

$$P_{R_{i.c.jk}} = \sqrt[n]{P_{R_{ik}} \cdot P_{R_{2k}} \cdot \dots \cdot P_{R_{nk}}}, \quad (5)$$

где  $P_{R_{1k}}, P_{R_{2k}}, \dots, P_{R_{nk}}$  – производственный риск при выполнении  $i$ -той регулировки (устранения отказа) ( $i = 1, 2, \dots, n$ )  $k$ -того технического средства в условиях изменяющихся параметров состояния производственной среды.

Полученные аналитические зависимости (2)...(5) позволили с учетом данных травматизма в растениеводческой отрасли АПК [5] обосновать количественные показатели уровней опасности производственного риска (таблица 1) и разработать для их определения соответствующее программное обеспечение.

Таблица 1. – Уровни опасности производственного риска при выполнении технологических процессов в растениеводческой отрасли АПК [3]

Наименование уровня опасности производственного риска	Уровень опасности производственного риска, %
Минимальный	До 14,0
Предельный	14,0...29,0
Значительный	30,0...46,9
Угрожающий	47,0...63,9
Катастрофический	64,0 и более

Для управления производственным риском в технологических процессах растениеводческой отрасли АПК – выработке корректирующих действий по устранению неприемлемого уровня риска как на стадии разработки, так и при дальнейшем использовании технического средства необходимо:

- проанализировать полученные значения показателя приспособленности технического средства к технологическим регулировкам ( $K_{П.с.}$ ) и безопасности их выполнения ( $K_{Бр}$ );

- определить прогнозируемый показатель безопасности управления технологическим процессом ( $K_{Бпр.}$ );

- рассмотреть с учетом полученных значений показателей ( $K_{П.с.}; K_{Бр}; K_{Бпр.}$ ) соответствие технического состояния технического средства производственным условиям выполнения работ. В случае несоответствия:

- определить показатель приспособленности конструкции технического средства к безопасному выполнению технологических регулировок;

- обосновать безопасные режимы использования технического средства.

Выработку корректирующих действий по устранению неприемлемого уровня производственного риска рекомендуется осуществлять посредством моделирования технологического процесса, с учетом уточненного показателя приспособленности технического средства к безопасному выполнению технологических регулировок (рисунок 1), интенсивности их выполнения и изменения состояния производственной среды (таблица 2).

Установлено, что даже при «хорошей приспособленности» технического средства к технологическим регулировкам ( $K_{П.с.} = 0,8$ ), но двукратном (с 15 до 30 раз) увеличении изменения состояния параметра производственной среды, показатель травмирования оператора МСХТ возрастает в 1,15 раза.

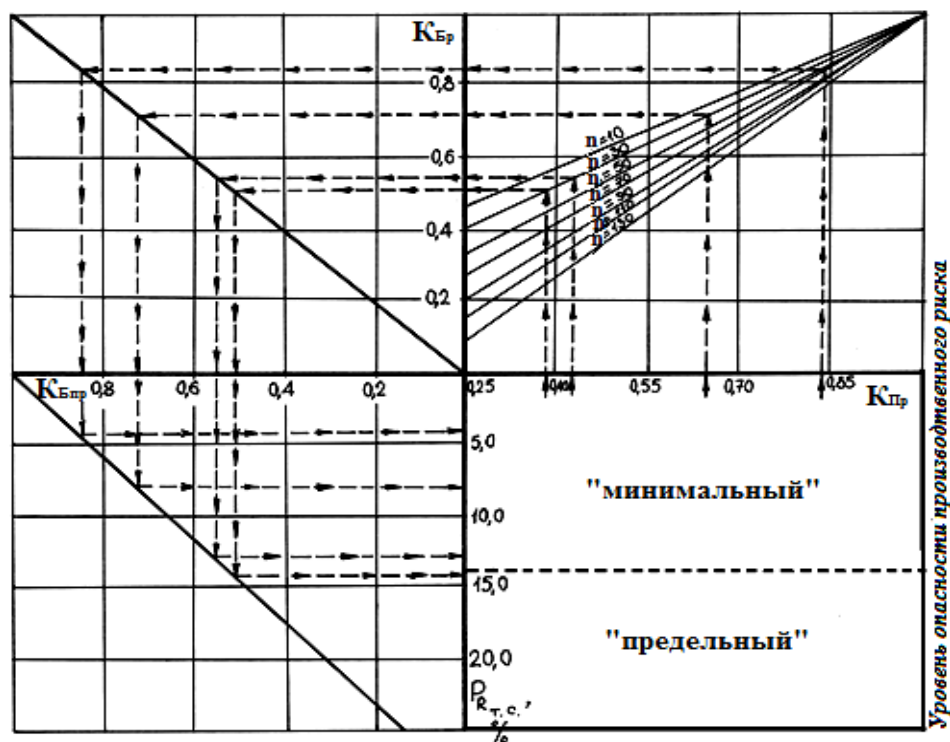


Рисунок 1. – Номограмма для определения уровня опасности производственного риска с учетом интенсивности выполнения технологических регулировок [6]

Таблица 2. – Показатель травмирования оператора МСХТ при выполнении технологических регулировок с учетом изменения состояния параметра производственной среды [6]

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

Для апробирования разработанного методического подхода для оценки производственного риска выбраны различные по своему функциональному назначению технические средства (для скашивания и измельчения растительности, внесения гербицидов, опрыскивания растений, уборки урожая), используемые для выполнения технологических процессов в растениеводческой отрасли АПК, в том числе и в промышленной технологии выращивания клюквы. Следует особо отметить, что рассматриваемые технические средства имеют повышенный уровень производственного риска, так как при их использовании объективно присутствуют опасные и вредные производственные факторы [7] и эксплуатируются они в условиях изменяющихся параметров состояния производственной среды (рельефа поверхности, состояния посевов, урожайности и др.).

С учетом полученных расчетных значений показателя приспособленности технических средств к безопасному выполнению работ определены уровни опасности производственного риска. Установлено, что «предельный» уровень опасности прогнозируется при выполнении технологического процесса ухода за клюквенным покровом промышленных чеков (таблица 3).

Таблица 3. – Уровни опасности производственного риска при выполнении технологических процессов на промышленных клюквенных чеках

Технологический процесс	Показатель приспособленности технического средства к технологическим регулировкам на чеке ( $K_{\text{Трс.}}$ )	Показатель риска травмирования оператора технического средства при выполнении регулировок ( $P_{\text{Рт.с.}}$ ), %	Уровень опасности производственного риска
Механизированный уход за промышленными клюквенными чеками	0,37	14,5	Предельный
Опрыскивание растений	0,50	12,3	Минимальный
Контактное нанесение раствора гербицида на сорную растительность	0,59	7,4	Минимальный
Срезание и измельчение сорной растительности	0,63	3,8	Минимальный
Уборка урожая	0,64	3,5	Минимальный

Для выработки корректирующих действий по устранению неприемлемого уровня производственного риска для рассматриваемого примера *смоделирован технологический процесс* с целью обоснования более приспособленной к технологическим регулировкам конструкции рабочих органов технического средства для механизированного ухода за клюквенником. Для этого *реализованы следующие мероприятия*:

- выполнены патентные исследования;
- предложена конструкция технического средства;
- проведены экспериментальные исследования, что позволило более чем в два раза (таблица 4) увеличить приспособленность технического средства к технологическим регулировкам и устранению отказов, уменьшить на 11,5% риск травмирования оператора, снизить до «минимального» уровень опасности производственного риска.

Таблица 4. – Уровень опасности производственного риска при выполнении технологического процесса механизированного ухода за чеками

Технологический процесс	Показатель приспособленности технического средства к технологическим регулировкам ( $K_{\text{Трс.}}$ )	Показатель риска травмирования оператора технического средства при выполнении регулировок ( $P_{\text{Рт.с.}}$ ), %	Уровень опасности производственного риска
Механизированный уход за чеками	0,37*/0,81**	14,5*/3,0**	Предельный*/ Минимальный**
* – значение показателя для технического средства с прутковым поднимающе-расчесывающим рабочим органом; ** – для рабочего органа в виде сдвоенных пружинных зубьев.			

**Заключение.** В результате проведенных исследований *предложен методический подход* для оценки производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур, что позволяет как на стадии разработки технического средства, так и при дальнейшем его использовании прогнозировать риск травмирования оператора мобильной сельскохозяйственной техники с учетом показателя ее приспособленности к выполнению технологических процессов и изменяющихся параметров состояния производственной среды. На примере механизированного ухода за клюквенным покровом промышленных чеков *рассмотрены корректирующие действия* для устранения неприемлемого уровня производственного риска.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. 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 : межведомств. темат. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2015. – Вып. 49. – С. 262–273.

2. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы оценки приспособленности к техническому обслуживанию : ГОСТ 26026-83. – М., 1985. – 10 с.
3. Мисун, А.Л. Управление уровнем профессиональных рисков в промышленном выращивании клюквы / А.Л. Мисун // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межведомств. темат. сб. / РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2016. – Вып. 50. – С. 128–134.
4. Результаты теоретических исследований и моделирования условий безопасного функционирования человеко-машинных систем / Ю.Д. Олянич [и др.] // Охрана труда и здоровья работников АПК России : сб. тр. ВНИИОТ. – Орел : ВНИИОТ, 1993. – С. 32–40.
5. Пиуновский, И.И. Травматизм работников сельхозпредприятий при производстве продукции растениеводства / И.И. Пиуновский, А.В. Молош // Охрана труда. Сельское хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 91–97.
6. Азаренко, В.В. Методические подходы оценки и управления производственным риском в растениеводческой отрасли АПК Беларуси / В.В. Азаренко, А.Л. Мисун, А.Л. Мисун // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2017. – № 3. – С. 99–108.
7. Азаренко, В.В. О результатах исследований повышения безопасности и эффективности использования технических средств на клюквенных чеках / В.В. Азаренко, А.Л. Мисун, А.Ю. Ларичев // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы междунар. науч.-практ. конф. на 25-й Междунар. специализированной выставке «Белагро-2015», Минск, 4 июня 2015 г. / М-во сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь, РО «Белагросервис», Белорус. гос. аграр. техн. ун-т ; редкол.: Н.А. Лабушев [и др.]. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2015. – С. 63–67.

Поступила 03.08.2017

## ASSESSMENT OF PRODUCTION RISK IN THE CULTIVATION OF CROPS

### A. MISUN

*The methodical approach for assessment of production risk in the cultivation of crops that differ from the existing ones, allowing for stages of development of technical means to predict the possible risk of injury to mobile farm equipment weighted by its suitability for the implementation of the process and changing parameters of a condition of the production environment.*

**Keywords:** *injuries, the cultivation of crops, production risk, methodological approach, evaluation.*