

13. Статистика. Словник термінів і позначення. Ч. 3: Планування експерименту: ДСТУ ISO 3534-3:2005. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 36 с.
14. Новик, Ф.С. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф.С. Новик, Я.Б. Арсов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.
15. Винарский, М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К.: Техніка, 1975. – 168 с.
16. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отделен., 1980. – 168 с.

УДК 634.437.8

В.В. Азаренко

*(Национальная академия наук
Республики Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь)*

А.Л. Мисун, А.Ю. Ларичев

*(УО «БГАТУ»,
г. Минск, Республика Беларусь,
e-mail: LLM_90@mail.ru)*

**НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ИССЛЕДОВАНИЙ
БЕЗОПАСНОСТИ
УПРАВЛЕНИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ОПЕРАЦИЯМИ НА
КЛЮКВЕННОМ ЧЕКЕ**

Введение

Клюква крупноплодная американская – стелющийся кустарник высотой до 15–30 см. В отличие от других видов, у клюквы крупноплодной ярко выражены два типа побегов – стелющиеся и прямостоячие.

Особенностью технологии промышленного выращивания крупноплодной клюквы, предусматривающей выполнение на чеке таких механизированных работ, как обрезка и расчесывание стелющихся горизонтальных побегов клюквы, опрыскивание посадок, уборка ягод на искусственно затопленном водой клюквенном чеке, является то, что эти механизированные работы осуществляются в условиях изменяющихся параметров производственной среды, а сама высоколечебная ягодная культура, продукция которой способствует выведению радионуклидов из организма человека, может плодоносить десятки лет на землях, непригодных для сельскохозяйственного производства – выработанных торфяниках, которых в Республике Беларусь образовалось более 300 тысяч гектаров.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследований предложена методика, базирующаяся на результатах ранее проведенных исследований [1–5] и включающая пять основных этапов (рисунок 1):

1. Определение условий проведения исследований.
2. Оценка эксплуатационно-технологических показателей, качества и безопасности механизированного ухода за клюквенником и уборки ягод.

3. Подбор экспертов для оценки показателей приспособленности технических средств к технологическим регулировкам.

4. Экспертная оценка удобства, доступности и безопасности выполнения технологических регулировок.

5. Определение частоты выполнения регулировок рабочих органов технических средств для ухода за клюквенником и уборки ягод на чеке.

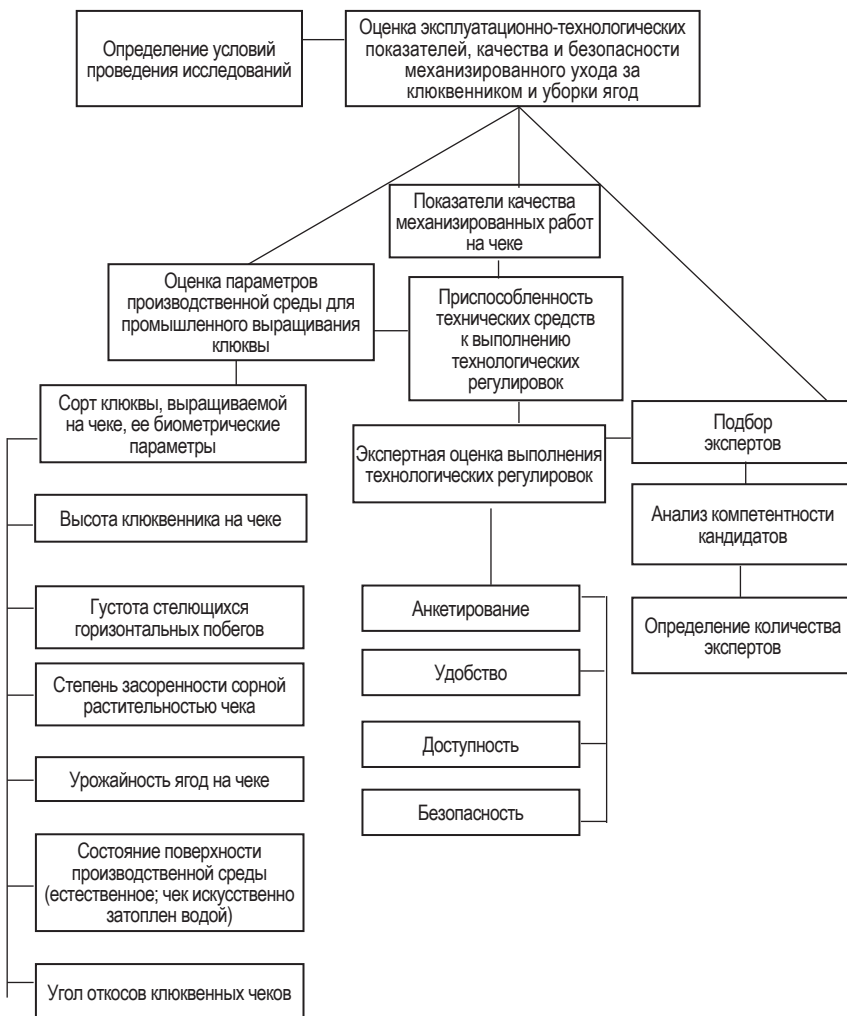


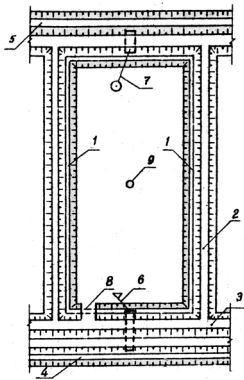
Рисунок 1. – Схема проведения исследований приспособленности технических средств для промышленного выращивания клюквы к безопасному управлению технологическими операциями

Результаты и их обсуждение

Для определения качественных показателей выполнения технологических операций на клюквенном чеке (ухода за клюквенником и уборки ягод) (таблица 1) проводилась серия предварительных опытов. Количество повторностей каждого из них устанавливалось таким, чтобы относительные ошибки средних выборочных не превышали 5 % [6]. Полученные данные обрабатывались с целью определения потребного количества повторности каждого опыта.

Исследования, заключающиеся в обосновании условий их проведения, определении эксплуатационно-технологической оценки механизированного ухода за клюквенником и уборки ягод, показателей качества и безопасности выполнения работ, проводились в 2012–2014 гг. в ОАО «Полесские журавины» Пинского района Брестской области.

Участок для проведения исследований (рисунок 2) выбирается площадью около одного гектара (промышленный чек крупноплодной клюквы 50 x 200 м).



- 1 – чековый обводной канал;
- 2 – чековая дамба;
- 3 – дамба-дорога;
- 4 – сбросной канал;
- 5 – водоподводящий канал;
- 6 – водоспуск из чека;
- 7 – водоспуск в чек;
- 8 – труба-переезд;
- 9 – наблюдательный колодец

Рисунок 2. – Схема чека крупноплодной клюквы

Таблица 1. – Показатели качества механизированных работ на клюквенном чеке

Наименование показателей	Значение показателей
Полнота обрезки стелющихся побегов в плодоносящем ярусе, %, не менее	75,0
Повреждение плодоносящего яруса клюквенника за один проход по чеку МТА, %, не более	5,0
Количество уничтоженных сорняков за один проход МТА, расположенных выше культурных растений (через 14 дней после обработки раствором гербицида), %, не менее	85,0
Средневзвешенная длина скошенных и измельченных частиц сорной растительности, мм, не более	35,0
Полнота отделения ягод от побегов (за два прохода МТА), %, не менее	90,0
Повреждение ягод при уборке (за два прохода МТА), %, не более	5,0

Для него указывается:

- место проведения исследований;
- вид работы;
- культура;
- состав машинно-тракторного агрегата;
- характеристика участка плантации (чека) крупноплодной клюквы (тип почвы и название по механическому составу, рельеф, микрорельеф, влажность почвы в слое 0...15 см (%), твердость почвы в слое 0...15 см (МПа); характеристика насаждений крупноплодной клюквы (фаза развития, возраст насаждений (лет), высота клюквенника (см), длина горизонтальных побегов в плодоносящем ярусе (см), густота плодоносящих побегов ($шт./м^2$));
- характеристика сорной растительности (высота сорняков (см), количество сорняков ($шт./м^2$)).

Тип почвы, название по механическому составу, рельеф, микрорельеф, влажность и твердость определяются по ГОСТ 20915–75 [7].

Доверительный интервал математического ожидания определяется из выражения:

$$I_{(\bar{x})} = \left(\bar{x} - t_{\gamma, \nu} \frac{s}{\sqrt{n}}; \bar{x} + t_{\gamma, \nu} \frac{s}{\sqrt{n}} \right),$$

- где \bar{x} – оценка математического ожидания (среднее выборочное);
 $t_{\gamma, \nu}$ – значение t -распределения Стьюдента при доверительной вероятности γ и числе степеней свободы $\nu = n - 1$;
 n – объем выборки.

Предельная абсолютная ошибка ($\Delta/\gamma; \vartheta$) (и предельная относительная ошибка ($\sigma/\gamma; \vartheta$)) рассчитываются по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \Delta_{\gamma, \nu} &= t_{\gamma, \nu} \frac{s}{\sqrt{n}}; \\ \delta_{\gamma, \nu} &= t_{\gamma, \nu} \frac{s}{\bar{x} \sqrt{n}} = t_{\gamma, \nu} \frac{v_{\vartheta}}{\sqrt{n}}, \end{aligned} \quad (1)$$

- где v_{ϑ} – эмпирический коэффициент вариации [8];
 s – среднее квадратическое отклонение.

Представив табулированные значения $t_{\gamma, \nu}$ интерполированным многочленом $F_{\gamma(n-1)}$, из выражения (1) получим:

$$\sqrt{n} = F_{\gamma(n-1)} \frac{v_{\vartheta}}{\delta_{\gamma, \nu}}.$$

Интерполированный многочлен $F_{\gamma(n-1)}$ при достоверности аппроксимации $R^2 \approx 0,99$ может иметь вид $3 \cdot 10^{-5}x^4 - 0,0023x^3 + 0,055x^2 - 0,5742x + 4,3915$ в интервале степеней свободы от 1 до 25 включительно [9].

Полнота обрезки стелющихся горизонтальных побегов крупноплодной клюквы (или полнота скашивания сорной растительности выше яруса клюквенника, или полнота отделения ягод от побегов) (Π_r , %) определяется по формуле:

$$\Pi_r = 100 \cdot \left(1 - \frac{H_r}{O_r} \right),$$

где H_r – количество или необрезанных стелющихся горизонтальных побегов культурного растения крупноплодной клюквы, или сорняков, или неубранных ягод, *шт./м²*;

O_r – количество или стелющихся горизонтальных побегов, или сорняков, или неубранных ягод, *шт./м²*.

Повреждение плодоносящих побегов или стелющихся горизонтальных побегов, или ягод (Π_k , %) рассчитывается по формуле:

$$\Pi_k = \frac{П}{O_k} \cdot 100,$$

где $П$ – количество поврежденных горизонтальных и вертикальных побегов, *шт./м²*;

O_k – общее количество стелющихся горизонтальных и плодоносящих вертикальных побегов крупноплодной клюквы или ягод, *шт./м²*.

При статистической обработке исходной информации определяются параметры аналитического выражения. Отсевание грубых погрешностей результатов наблюдений проводится из условия [8]:

$$\left| \frac{x_{iz} - x_{cp}}{s_c} \right| \geq \gamma_{табл},$$

где x_{iz} – наблюдение, содержащее грубую погрешность;

x_{cp} – среднее арифметическое значение изучаемой величины, вычисленное по остальным измерениям (кроме сомнительного);

s_c – среднее квадратическое отклонение изучаемой величины, вычисленное по остальным измерениям (кроме сомнительного);

$\gamma_{табл}$ – величина, значения которой зависят от числа n проведенных измерений и выбранного значения доверительной вероятности $\alpha = 0,05$ [8].

Результаты экспериментов обрабатываются с использованием дисперсионного анализа. При этом определяются:

– общая дисперсия:

$$\sigma_{общ}^2 = \frac{C_{общ}}{v_{общ}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k (y_{ij} - \bar{y}_{общ})^2}{nk - 1};$$

– дисперсия вариантов:

$$\sigma_{вар}^2 = \frac{C_{вар}}{v_{вар}} = \frac{\sum_{j=1}^k (\bar{y}_j - \bar{y}_{общ})^2 n}{k-1};$$

– дисперсия повторений:

$$\sigma_{повт}^2 = \frac{C_{повт}}{v_{повт}} = \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \bar{y}_{общ})^2 k}{n-1};$$

– остаточная дисперсия (ошибки):

$$\sigma_{ош}^2 = \frac{C_{ош}}{(k-1) \cdot (n-1)} = \frac{C_{общ} - (C_{вар} + C_{повт})}{(k-1) \cdot (n-1)},$$

где y_{ij} – значение изучаемой величины;

$$\bar{y}_{общ} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k y_{ij}}{nk} \text{ – среднее значение изучаемой величины по опыту;}$$

k – количество вариантов;

$$\bar{y}_j = \frac{\sum_{i=1}^n y_{ij}}{n} \text{ – среднее значение изучаемой величины по вариантам;}$$

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^k y_{ij}}{k} \text{ – среднее значение изучаемой величины по повторностям.}$$

Оценка различий между дисперсиями в степени вариации признаков оценивается путем сравнения дисперсии вариантов $\sigma_{вар}^2$ с дисперсией ошибки $\sigma_{ош}^2$ по критерию Фишера:

$$F = \frac{\sigma_{вар}^2}{\sigma_{ош}^2}.$$

Вычисленное значение критерия Фишера F сравнивается с табличным F_α для уровня значимости $\alpha = 0,05$ (доверительная вероятность $P_\delta = 95\%$). Если различия между сравниваемыми дисперсиями незначительны, нулевая гипотеза об их равенстве не отвергается, то есть подтверждается предположение, что все выборочные средние являются оценками одной генеральной средней при выполнении следующего условия:

$$F < F_\alpha.$$

Для характеристики точности опыта и существенности частных различий определяются:

– ошибка опыта:

$$\sigma_{\bar{y}} = \sqrt{\frac{\sigma_{\text{ош}}^2}{n}};$$

– точность опыта, %:

$$\sigma_{\bar{y}\%} = \frac{\sigma_{\bar{y}}}{\bar{y}_{\text{общ}}} 100;$$

– ошибка разности средних:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{2\sigma_{\text{ош}}^2}{n}};$$

– наименьшая существенная разность:

$$HCP_{05} = t_{05}\sigma_d,$$

где t_{05} – значение критерия Стьюдента, принятого для уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы остаточной дисперсии.

Для проверки гипотезы об однородности построчных дисперсий используется критерий Кохрена (при одинаковом числе повторностей n во всех опытах). Дисперсии однородны при выполнении следующего условия:

$$G = \frac{\sigma_{j\text{max}}^2}{\sum_{j=1}^k \sigma_j^2} < G_{kp},$$

где $\sigma_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{n-1}$ – дисперсия, характеризующая рассеивание результатов в j -м опыте (построчная дисперсия);

$\sigma_{j\text{max}}^2$ – наибольшая из построчных дисперсий;

G_{kp} – табличное значение критерия Кохрена при уровне значимости $\alpha = 0,05$, числе опытов k и числе степеней свободы каждого опыта $n-1$.

Адекватность полученного уравнения регрессии проверяется с помощью критерия Фишера.

Адекватность имеет место при выполнении следующего неравенства [6]:

$$F = \frac{\sigma_{\text{ад}}^2}{\sigma_{\text{а}}^2} < F_{\text{табл}},$$

где $\sigma_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum_{j=1}^k (y_j^{\text{расч}} - \bar{y}_j)^2}{k - n_{\phi} - 1}$ – дисперсия адекватности;

$y_j^{расч}$ – расчетное значение отклика в j -м опыте по полученному уравнению регрессии;

$\sigma_e^2 = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \sigma_j^2$ – дисперсия воспроизводимости;

$F_{табл}$ – табличное значение критерия Фишера при заданном уровне значимости ($\alpha = 0,05$), числе степеней дисперсии адекватности ($k - n_\phi - 1$) и числе степеней свободы дисперсии воспроизводимости ($k(n - 1)$);

n_ϕ – число факторов.

Доверительный интервал Δx определяется по формуле:

$$\Delta x = \frac{t_{табл} \sigma_j}{\sqrt{n}},$$

где $t_{табл}$ – значение коэффициента Стьюдента, выбираемое в зависимости от доверительной вероятности ($\alpha = 0,05$) и числа степеней свободы $n - 1$ [6].

Коэффициент вариации равен:

$$v = \frac{\sigma_j}{\bar{x}_j} \cdot 100.$$

Оценка безопасности выполнения на клюквенном чеке технологических операций проводится в соответствии с ГОСТ 12.2.11–85 [10], ГОСТ 12.2.002–91 [11], а эксплуатационно-технологическая оценка – согласно ГОСТ 24055–88–24057–88 и результатам ранее проведенных исследований [12–13]. Основные эксплуатационные показатели определяются после проведения исследований с учетом технологических регулировок на оптимальный режим работы рабочих органов технических средств.

Для отбора кандидатов в эксперты (трактористов-машинистов, механизаторов), имеющих различный практический стаж работы, используется их анкетирование. Анкета включает в себя вопросы, касающиеся непосредственного выполнения и контроля уровня 29 основных технологических регулировок технических средств для ухода за клюквенным покровом чека и уборки ягод. В качестве экспертов могут выступать кандидаты, показавшие знание всех регулировок, указанных в анкете, то есть профессиональную компетентность.

Для проведения экспертной оценки удобства, доступности и безопасности выполнения механизаторами технологических регулировок технических средств для ухода за клюквенником и уборки ягод все регулировки

делятся на оперативные и установочные. К оперативным отнесены технологические регулировки, выполнение которых не требует прерывания технологического процесса работы машины, либо регулировки, выполняющиеся неоднократно в течение рабочей смены с прерыванием технологической операции (с остановкой машины, выключением рабочих органов и т. д.). Установочными считаются регулировки, выполнение которых производится не чаще одного раза в смену и требует прерывания технологической операции.

С учетом вышеизложенного и положений ГОСТ 26026–83 [14] разработана методика, в основу которой положена оценочная шкала от одного до пяти баллов: пять баллов означают высокую приспособленность средства механизации к проведению технологических регулировок, а в один балл оценивалась крайне низкая приспособленность регулировки рабочего органа для качественного выполнения технологической операции.

Для оценки удобства проведения регулировки учитывается положение тела и рук механизатора в ходе ее выполнения (таблица 2). Так, регулировка, при выполнении которой механизатор 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 трактора. При работе механизатора с объектом регулирования сидя, с поворотом или наклоном туловища до 90°, регулировка оценива-

Таблица 2. – Исходные данные для оценки удобства выполнения технологических регулировок

№ п/п	Положение механизатора	Положение рук	Баллы
1.	Стоя или сидя	Перед собой на уровне груди	5
2.	То же, что п. 1	Над головой	4
3.	Стоя или сидя с поворотом или наклоном туловища до 90°	То же, что в п. 1	4
4.	В приседе	То же, что в п. 1	3
5.	То же, что п. 3.	Сбоку с изгибом (в локтевом суставе, кисти), работа левой рукой	2
6.	Стоя, в приседе или сидя с поворотом и наклоном туловища до 90°	То же, что в п. 1	2
7.	Сидя, стоя подтягиваясь	Над головой или сбоку	1
8.	Работа с использованием дополнительных опор, подставок и др.	Перед собой на уровне груди, сбоку или над головой	1

ется в четыре балла. В два балла оценивается регулировка, выполняемая с использованием дополнительных опор, подставок и др.

Для определения степени доступности проведения регулировки учитывается наличие доступа (пространства) для ее выполнения (таблица 3). Если регулировка не требует, чтобы механизатор покидал кабину трактора, то она оценивается в пять баллов. В случае если для поступления доступа к регулировке механизатору необходимо откинуть щиток, крышку, степень доступности такой регулировки принимается равной четырем баллам. Регулировка, выполняемая вблизи цепных или ременных передач, оценивается в три балла. Самую низшую оценку (один балл) имеет регулировка, требующая разборки узла рабочего органа средства механизации.

Оценка безопасности регулировок проводится, исходя из местоположения механизатора, мер и действий, необходимых для обеспечения этого требования (таблица 4). Регулировка, производящаяся из кабины трактора в агрегате с любым из технических средств для промышленного выращивания клюквы на чеках, когда не требуется остановка МТА и выключение рабочего органа технического средства, то есть не требуется нахождение механизатора в потенциально опасных зонах, имеет оценку пять баллов. Безопасность регулировки, выполняющейся вне кабины трактора, требующей остановки технического средства, выключения рабочего органа и если механизатор полностью находится в зоне режущих или колющих деталей машины, оценивается в три бал-

Таблица 3. – Исходные данные для оценки доступности выполнения технологических регулировок

№ п/п	Действия механизатора	Баллы
1.	Не сходя с рабочего места, без устранения каких-либо препятствий	5
2.	Покидая рабочее место, без устранения каких-либо препятствий	4
3.	Покидая рабочее место или не сходя с него, с откидыванием щитка, капота, крышки и т. д.	4
4.	То же, что п. 3, но с откручиванием болтов, гаек (до 3)	4
5.	То же, что п. 4, при количестве болтов (гаек) более 3	3
6.	Работа с объектом регулирования, находящимся вблизи цепных и ременных передач	3
7.	Работа с объектом регулирования при ограничении доступа к нему другими рабочими органами (детальями)	2
8.	Частичная и полная разборка узлов, рабочих органов, мешающих выполнению регулировок	1

Таблица 4. – Исходные данные для оценки безопасности выполнения технологических регулировок

Местонахождение механизатора	Действия механизатора	Баллы
В кабине	Не требуется остановка МТА и выключение рабочих органов технического средства (не требуется находиться в потенциально опасных местах)	5
В кабине или вне ее	Требуется остановка МТА, но не требуется выключение рабочих органов технического средства (не требуется находиться в потенциально опасных зонах)	4
Вне кабины	Требуется остановка МТА и выключение рабочих органов технического средства (не требуется находиться в потенциально опасных зонах)	3
Вне кабины	То же (требуется находиться в зоне рабочих органов и узлов МТА, имеющих шероховатость и заусенцы)	3
Вне кабины	То же (требуется частично находиться в зоне режущих или колющих деталей и узлов рабочих органов МТА)	3
Вне кабины	То же (требуется полностью находиться в зоне режущих или колющих деталей и узлов рабочих органов МТА)	2
Вне кабины	То же (требуется находиться частично в зоне потенциально движущихся и вращающихся узлов рабочих органов МТА)	2
Вне кабины	То же (требуется находиться полностью в зоне потенциально движущихся и вращающихся узлов рабочих органов МТА)	1

ла. Оценка в два балла выставляется технологической регулировке, при выполнении которой необходимо находиться в зоне возможного произвольного опускания рабочих органов технического средства или отсутствия защитного устройства карданной передачи.

При проведении пятого этапа исследований определяется, с учетом параметров функционирования клюквенных чеков, результатов ранее проведенных исследований [5; 15], частота изменения регулировок рабочих органов технических средств для ухода за клюквенником и уборки ягод, выполняются анализ и обработка полученных данных [16].

Заключение

На основании комплекса проведенных исследований разработана методика для проведения исследований приспособленности технических средств для промышленного выращивания клюквы к безопасному управлению технологическими операциями на чеке и риска травмирования механизатора.

19.03.2015

Литература

1. Аверьянов, Ю.И. Системный подход к исследованию безопасности процесса уборки зерновых культур / Ю.И. Аверьянов // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2009. – Т. 55. – С. 5–9.
2. Дмитриев, М.С. Повышение эффективности транспортно-технологических процессов и улучшение условий труда работников АПК за счет инженерно-технических устройств: монография / М.С. Дмитриев, Ю.Г. Горшков, И.Н. Старунова. – Челябинск: ЧГАА, 2010. – 291 с.
3. Грищук, В.М. Гидромеханизация уборки ягод брусничных культур при промышленном производстве на мелиорированных землях / В.М. Грищук // Мелиорация переувлажненных земель. – 2006. – № 1. – С. 178–183.
4. Горшков, Ю.Г. Повышение безопасности процесса уборки зерновых культур на основе совершенствования системы «оператор – машина – среда»: монография / Ю.Г. Горшков, Ю.И. Аверьянов. – Челябинск: ЧГАУ, 2009. – 204 с.
5. Дмитриев, М.С. Оценка удобства и доступности выполнения технологических регулировок зерноуборочных комбайнов / М.С. Дмитриев, Б.П. Кутепов, Ю.И. Аверьянов // Вестник Челябинского государственного агроинженерного университета. – Челябинск, 2002 – Т. 37. – С. 98–101.
6. Хайлис, Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. – 169 с.
7. Сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний: ГОСТ 20915–75. – М., 1975. – 34 с.
8. Введение в исследование операций / У. Черчмен [и др.]. – М.: Мир, 1968. – 488 с.
9. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
10. Машины сельскохозяйственные навесные и прицепные: ГОСТ 12.2.111–85. ССБТ. – М., 1986. – 14 с.
11. Техника сельскохозяйственная. Методы оценки безопасности: ГОСТ 12.2.002–91. ССБТ. – М., 1991. – 60 с.
12. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки: ГОСТ 24055–88 (СТ СЭВ 5628–86), ГОСТ 24056–88, ГОСТ 24057–88, ГОСТ 24059–88. – М., 1988. – 47 с.
13. Мисун, Л.В. Научные и технологические основы производства крупноплодной клюквы / Л.В. Мисун. – Минск: Белор. изд-во «Хата», 1995. – 135 с.
14. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы оценки приспособленности к техническому обслуживанию: ГОСТ 26026–83. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
15. Дмитриев, М.С. Оценка уровня безопасности труда операторов мобильных технологических и транспортных машин сельскохозяйственного назначения / М.С. Дмитриев, Ю.Г. Горшков, Б.А. Сушко // Алдамжарские чтения: Вестник науки Костанайского социально-технического университета: материалы междунар. науч.-практ. конф. – Алдамжар, 2008. – С. 74–80.
16. Леонов, А.Н. Основы научных исследований и моделирования: учебно-методический комплекс / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис. – Минск: БГАТУ, 2010. – 276 с.