

укомплектованной ферме потребление электроэнергии составляет около 100 кВт·ч в год. Удельный расход электроэнергии на технологические процессы таких ферм значительный. Только на доение и охлаждение молока расходуется более 60% электроэнергии от общего потребления по ферме (рис. 2, 3).

Из диаграммы, приведенной на рис. 2, следует, что на неукомплектованных фермах КРС на 400 голов, потребление электроэнергии на одну голову скота в год на доение составляет 158-178 кВт·ч, на охлаждение – от 50 до 114 кВт·ч. На процесс доения и охлаждения молока на этих фермах расходуется около 60% электроэнергии. Если ферма укомплектована полностью доильным стадом, то потребление электроэнергии на доение и обработку молока составит более 80% от общего потребления на ферме. Примером может служить МТФ № 7 СПК «Беличи». На МТФ имеется 445 голов КРС, из них – 405 дойных коров. Потребление электроэнергии на доение одной коровы составило 144 кВт·ч в год, на охлаждение этого молока – 82 кВт·ч в год. Суммарное потребление электроэнергии на эти два процесса составило 86% от общего потребления на этой ферме.

Наиболее энергозатратной фермой с привязным содержанием является также МТФ 400 с общим расходом электроэнергии на одну голову КРС 299 кВт·ч в год. Удой на одну корову равен 6153 кг молока. На ферме установлена доильная установка АДМ-8, холодильная установка ТОМ-1600. Удельный вес расхода электроэнергии на этой ферме на доение и охлаждение молока составляет 52% от общего потребления. На навозоудаление расходуется 70 кВт·ч элек-

троэнергии на одну голову в год, соответственно на подогрев воды – 37, на освещение – 31. На рис. 4 приведена диаграмма потребления электроэнергии из расчета на одну голову на ферме с привязным содержанием от поголовья скота на ней.

На рис. 5 и 6 приведены диаграммы электропотребления на фермах с привязным содержанием скота на доение коров и навозоудаление, как на наиболее энергозатратные процессы.

Выводы

Наиболее энергозатратной фермой содержания скота является МТФ на 400 голов с привязным содержанием животных.

Наиболее энергозатратным процессом, как при привязном, так и при беспривязном содержании скота является доение и охлаждение молока.

При привязном содержании коров около 25% электроэнергии расходуется на навозоудаление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Состояние отрасли животноводства в сельскохозяйственных организациях Минской области за январь – декабрь 2009 г. – Форма 12 с/х.

2. Паспорт обследования состояния животноводческих ферм сельскохозяйственных организаций Минской области за 2009 г.

3. Отчёты расхода электрической энергии сельскохозяйственными организациями Минской области за январь – декабрь 2009 г.

УДК 631.158: 658.345

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 2.02.2011

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКИ ЯГОД НА КЛЮКВЕННОМ ЧЕКЕ

В.А. Агейчик, канд. техн. наук, доцент, А.Н. Макар, ассистент, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун, студенты (БГАТУ)

Аннотация

В статье приведены зависимости, позволяющие спрогнозировать функциональное состояние человеко-машинной системы в процессе уборки ягод на искусственно затопленном водой клюквенном чеке.

In the article the dependence predicting the functional state of the machine operator during gathering of berries on the artificial cranberry check flooded with water has been resulted.

Введение

Механизированное производство крупноплодной клюквы предусматривает выполнение более десяти технологических операций, начиная от распределения черенков по чеку, их посадки и заканчивая уборкой ягод с последующей сортировкой и очисткой. Поэтому для исследования безопасности эксплуатации технических

средств, в технологии производства крупноплодной клюквы целесообразно выбрать одну из операций, например, уборку ягод на искусственно затопленном водой (на глубину 45 ± 5 см) клюквенном чеке [1]. Аргументами в пользу такого выбора служит следующее: этим способом убирается более 90% выращенного урожая; с технической точки зрения, уборка «на воде» яв-

ляется наиболее сложной технологической операцией, при этом не исключаются и отказы технических средств, устранение которых требует особой профессиональной подготовки механизаторов.

Основная часть

Важнейшее значение для определения уровня безопасности функционирования человеко-машинной (ЧМ) системы, например, в технологии механизированной уборки ягод на клюквенном чеке, отводится изучению эргономических показателей средств труда. При этом следует отметить, что одними из основных причин техногенных воздействий на ЧМ систему являются происшествия, вызванные отказами технических средств в процессе их эксплуатации. Что же касается непосредственного исполнителя работ – механизатора, то на него воздействуют как вредные факторы производственной среды, так и производственные опасности, в том числе импульсного действия, которые при определенных обстоятельствах становятся источником травм и профессиональной заболеваемости. Если вредный производственный фактор воздействует на организм механизатора независимо от его квалификации, стажа работы и возраста, то опасный фактор, хотя постоянно и «присутствует» при эксплуатации технических средств, например, для уборки ягод на затопленном клюквенном чеке, однако может реализоваться в травму только при определенных условиях. Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы:

- травмирование, как явление, относится к случайным событиям, эти события обладают статистической устойчивостью;
- опасный фактор может реализоваться в травму в любой временной отрезок, причем, мгновенно (фактор импульсного действия);
- для управления уровнем безопасности механизатора необходимо установить зависимость параметров «человеко-машинной» системы для рассматриваемой технологической операции и риска травмирования механизатора.

Эффективность функционирования ЧМ системы как функции множества переменных в общем виде может быть представлена уравнением [2]:

$$E = f(X_i, Y_i), \quad (1)$$

где E – критерий эффективности ЧМ системы;

X_i и Y_i – соответственно входные управляемые и неуправляемые параметры системы.

Для управления безопасностью ЧМ необходимо знать функциональное состояние объекта на различных этапах, т. е. иметь отображение фактических показателей $P_k = \{P_{ki}\}$, а также знать вероятность безопасной эксплуатации машинно-тракторного агрегата ($P_{чм}$).

Для оценки производственного травматизма на объекте АПК используется коэффициент частоты ($K_{ч}$) – статистический показатель числа травм на производственном объекте за календарный год, приходящихся на 1000 работающих. В то же время статистически определяемая частота производственного травматизма ведет себя как некоторая случайная величина, а отдельно взятую травму можно представить как случайное событие A , вероятность которого $P\{A\}$ есть количественный признак проявления отдельных факторов производственной деятельности. С другой стороны, травматизм является реализацией производственного риска работы некоторого усредненного механизатора, работающего на данном техническом средстве, т. е.:

$$M_{K_{ч}} = P\{A\} \cdot 1000, \quad (2)$$

где $M_{K_{ч}}$ – математическое ожидание случайной величины $K_{ч}$.

Допустим, что ни один из механизаторов в течение сезона уборки ягод на затопленном водой клюквенном чеке не будет травмирован (событие B). Тогда вероятность наступления этого события $P\{B\}$:

$$P\{B\} = (1 - P\{A\}). \quad (3)$$

Следует отметить, что эта вероятность ($P\{B\}$) достаточно мала, и может случиться так, что механизаторы проработают несколько лет подряд без травм. Поэтому для дальнейшего анализа безопасности механизированной уборки ягод «на воде» воспользуемся следующим выражением [3]:

$$\lim P\left\{\left|\frac{\varepsilon}{n} - P\right| < \xi\right\} = 1, \quad (4)$$

где ε – число травм, наблюдаемых среди n механизаторов в течение выбранного отрезка времени;
 n – среднесписочный состав механизаторов;
 ξ – сколь угодно малая фиксированная положительная величина.

Формула (4) содержит в себе утверждение, что при достаточно большом n частота события A сколь угодно мало отличается от ее вероятности $P\{A\}$. Тем самым утверждается существование вероятности $P\{A\}$.

В теории вероятностей часто встречается такой характер приближения одних величин к другим, причем для его описания введен специальный термин – «сходимость по вероятности» [3]. Установлено, что рассматриваемая случайная величина (частота производственного травматизма) может сходиться к величине, распределенной по закону Пуассона [4]. В процессе обработки полученного статистического материала строится эмпирическое распределение частоты производственного травмирования, вычисляются его параметры, формируется гипотеза о виде закона распределения исследуемой случайной величины, и по принятому теоретическому закону производится вы-

равнивание эмпирической кривой, по критериям согласия анализируется эмпирическое и теоретическое распределения, и на основании этого выносятся решение о принятии или отвержении выдвинутой гипотезы. Принять или опровергнуть гипотезу H_0 позволяет величина U , характеризующая меру расхождения статистического и теоретического распределений. Эта величина определяется различными способами [3], но независимо от выбранного, закон ее распределения зависит от распределения случайной величины X . Предположим, что выбранная мера расхождения U приняла некоторое значение u . Полагаясь на правильность гипотезы H_0 , определяется вероятность события $U \geq u$. Эта вероятность означает, что за счет отдельных обстоятельств мера расхождения U не меньше опытного значения u . В случае, когда вероятность мала, статистическая гипотеза отвергается, в остальных – констатируется, что результаты исследований не противоречат принятой гипотезе H_0 . За меру расхождения U принимается (по критерию Пирсона) сумма квадратов отклонений теоретических вероятностей P_k от соответствующих частот ω_k , взятых с некоторыми коэффициентами ξ_k :

$$U = \sum_{k=0}^{k_{\max}} \xi_k (\omega_k - P_k)^2. \quad (5)$$

Если принять

$$\xi_k = \frac{T}{P_k},$$

где T – период уборки ягод «на воде» на клюквенном чеке, а P_k – теоретическая вероятность появления травмы в течение рабочего дня, то закон распределения случайной величины U не зависит от закона распределения величины X и приближается к распределению хи-квадрат с некоторой плотностью:

$$f(x^2, l) = \frac{1}{2^2 \cdot \Gamma\left(\frac{l}{2}\right)} \cdot (x^2)^{\frac{l}{2}-1} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}};$$

$$0 \leq x^2 \leq \infty,$$

где $\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} \cdot e^{-t} \cdot dt$ – гамма функция;

l – число степеней свободы:

$$l = k_{\max} - q - 1,$$

где q – количество параметров проверяемого теоретического закона.

Следовательно, при принятом авторами способе выбора коэффициентов ξ_k , мера расхождения (обычно обозначаемая x^2) примет вид

$$x^2 = T \sum_{k=0}^{k_{\max}} \frac{(\omega_k - P_k)^2}{P_k}.$$

Если мы введем T под знак суммы, при этом учитывая, что $\omega_k = \frac{T_k}{T}$, то получим, что

$$x^2 = \sum_{k=0}^{k_{\max}} \frac{(T_k - TP_k)^2}{TP_k}, \quad (6)$$

где T_k и TP_k – соответственно статистическая частота и теоретическая частота производственного травматизма.

Распределение хи-квадрат табулировано [5].

Основываясь на данных статистического анализа производственного травматизма механизаторов в АПК, выявлено, что коэффициент частоты травматизма по своей сути является интегральным показателем опасности функционирования человеко-машинной системы, в котором отражены, с одной стороны, уровень профессиональной подготовки механизатора, организация его труда, с другой – недостатки средства механизации (уровень его эксплуатационной надежности). Вероятность безопасной эксплуатации человеко-машинной системы $P_{чм}$ можно определить из выражения:

$$P_{чм} = 1 - P_{отк}, \quad (7)$$

где $P_{отк} = \frac{K_q}{1000}$ – вероятность отказа человеко-

машинной системы.

Потери рабочего времени от травмирования механизаторов и на устранение отказов технических средств рассчитываются по следующей формуле:

$$\Delta\Phi = t \cdot N_k \cdot \left(q_{чм.л} \cdot q_{Т.ТР.Л} + q_{чм.инв} \cdot q_{Т.ТР.инв} + q_{чм.вп} \cdot q_{Т.ТР.вп} \right) \cdot \rho, \quad (8)$$

где t – годовой фонд рабочего времени одного механизатора, дни;

N_k – численность технических средств одной марки;

$q_{чм.л}$, $q_{чм.инв}$ и $q_{чм.вп}$ – показатели частоты травмирования соответствующей тяжести (летальный исход, инвалидность, временная утрата трудоспособности);

$q_{Т.ТР.Л}$, $q_{Т.ТР.инв}$, $q_{Т.ТР.вп}$ – частота отказа по тяжести травмы соответственно с летальным, инвалид-

ным исходом или с временной утратой трудоспособности;

ρ – приведенная плотность потока отказов, характеризующая оперативность восстановления работоспособности технического средства для уборки ягод крупноплодной клюквы «на воде» [6].

Для обеспечения безопасности механизатора в процессе уборки ягод на искусственно затопленном клюквенном чеке необходимо установить и зависимость риска травмирования от изменения параметров человеко-машинной системы. Если воспользоваться положениями теории вероятностей относительно оценок случайных событий, каковыми являются факты травмирования, то вероятность отказа функционирования ЧМ системы $P_{отк}$ соответственно при независимом или зависимом виде связи между составляющими элементами человеко-машинной системы равна:

$$P_{отк} = P_{оп} \cdot P_M, \quad (9)$$

$$P_{отк} = P_{оп} + P_M - P_{оп} \cdot P_M, \quad (10)$$

где P_M – вероятность отказа технического средства;

$P_{оп}$ – вероятность опасного действия механизатора, приводящее к отказу технического средства

$$P_{оп} = 1 - P_{п}, \quad (11)$$

где $P_{п}$ – вероятность безопасной (надежной) работы механизатора, управляющего техническим средством

$$P_{п} = P_{пп} \cdot \prod_{i=1}^n P_i, \quad (12)$$

где $P_{пп}$ – вероятность принятия механизатором правильных решений на уборке ягод «на воде»

$$P_{пп} = \frac{m}{N},$$

где m – число правильных решений;

N – общее число технологических решений;

P_i – вероятность безотказной работы в течение рабочего времени суток i -го узла (элемента) технического средства.

При заданном $P_{п}$ и известных P_i должно выполняться условие:

$$P_{пп} \geq \frac{P_{п}}{\prod_{i=1}^n P_i}. \quad (13)$$

Функциональное напряжение организма механизатора при выполнении рассматриваемой операции носит энергетический и информационный характер. При этом имеет место физический и умственный труд. С другой

стороны, напряженность деятельности механизатора может быть операционной и эмоциональной. Первая определяется сложностью выполняемой работы, вторая (эмоциональная) – характеризуется воздействием на оператора эмоциогенных раздражителей и развивается в результате появления отрицательных эмоций [7].

Для определения напряженности работы механизатора должен быть проведен инженерно-психологический анализ условий его деятельности с учетом оценки сложности выполняемой работы и реакций организма на предъявляемую информационную нагрузку или перегрузку, которая имеет место, когда

$$X_i > x_{i,доп} \quad (i = 1, 2, \dots, k), \quad (14)$$

где X_i – i -й параметр, свидетельствующий об информационной перегрузке;

$x_{i,доп}$ – максимально-допустимое значение X_i -го параметра.

Поскольку X_i величина случайная, вероятность возникновения напряженности в работе (q_i) за счет i -го фактора равна [7]:

$$q_i = P\{(X_i) \cdot x_{i,доп}\} = \int_{x_{i,доп}}^{\infty} \varphi_i(X_i) dx, \quad (15)$$

где $\varphi_i(X_i)$ – функция плотности вероятности величины X_i .

Тогда, вероятность информационной перегрузки (q) рассчитывается как вероятность суммы совместных A_i -тых событий [3, 8]:

$$q = P\left(\sum_{i=1}^k A_i\right). \quad (16)$$

Напряженность работы механизатора (γ) определяется с учетом максимально допустимых значений выбранных физиологических показателей организма работника ($y_{i,max}$) и значений этих показателей (y_i) в реальных условиях работы

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{y_{i,max}}\right)^2}. \quad (17)$$

Таким образом, для обоснования безопасности функционирования «человеко-машинной» системы при выполнении рассматриваемой технологической операции, необходимо знать не только показатели работоспособности технического средства, но и механизатора, которые зависят от сложности работы, квалификации механизатора, функционального состояния его нервной системы, утомляемости, эргономических параметров технического средства и некоторых других факторов.

Заключение

Приведенные теоретические зависимости (7)...(17) позволяют спрогнозировать функциональное состояние человеко-машинной системы в процессе уборки ягод крупноплодной клюквы «на воде».

ЛИТЕРАТУРА

1. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Е.А. Сидорович [и др.]. – Минск: Белор. науч.-исслед. ин-т науч.-технич. информации и технико-эконом. исслед., 1992. – 120 с.
2. Введение в исследование операций / У. Черчмен [и др.]. – М.: Мир, 1968. – 488 с.
3. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
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.

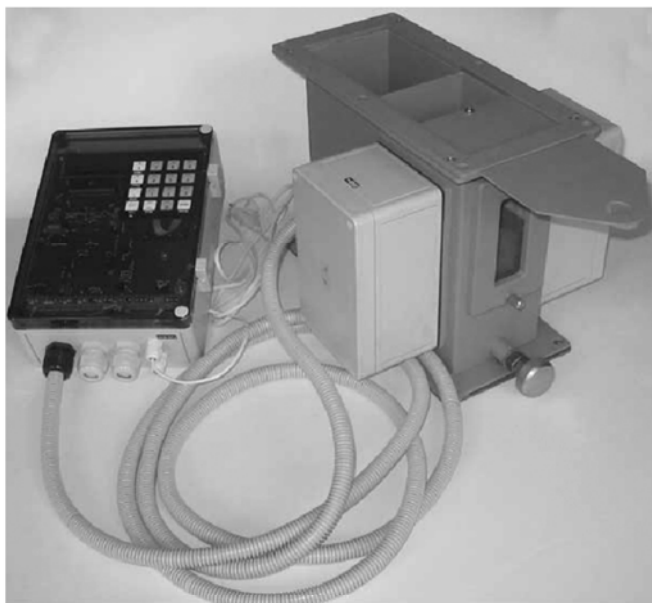
5. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с.

6. Мисун, Л.В. Эксплуатационная надежность машин для посадки и уборки ягод / Л.В. Мисун // Современные технологии в ремонтно-обслуживающем и машиностроительном производстве АПК: сб. матер. между. науч.-практ. конф., Минск, БГАТУ, 6-7 октября 1999 г. / Минск: БГАТУ, 2000. – С. 40-41.

7. Мисун, Л.В. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: практикум: в 2-х частях. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: ч.2 / Л.В. Мисун, Л.Д. Белехова, Т.А. Миклуш, О.А. Ковалева. – Минск: БГАТУ, 2010. – 132 с.

8. Адамович, Н.В. Управляемость машин (эргономические основы оптимизации рабочего места человека-оператора) / Н.В. Адамович. – М.: Машиностроение, 1977. – 280 с.

Радиоволновой влагомер зерна



Прибор предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах путем измерения величины поглощения СВЧ энергии влажным материалом и преобразования этой величины в цифровой код, соответствующий влажности материала. Прибор обеспечивает измерение влажности от 9 до 25% при температуре контролируемого материала от 5 до 65°С абсолютной погрешностью не более 0,5%.

Автор: Дайнеко В.А., кандидат технических наук, доцент.