

давления (уменьшение противодавления системы выпуска). Здесь имеет место, так называемый, эффект теплового торможения газового потока, что в целом и повышает эффективные показатели ДВС.

Таким образом, отработавшие газы, являясь активным загрязнителем окружающей среды, могут стать одновременно и источником «даровой» энергии, полезная утилизация которой может оказаться весьма полезной во многих отношениях, особенно в части снижения токсичности отработавших газов по окислам азота, уменьшения уровня звукового давления, создания улучшенных условий труда и безопасности на рабочих местах автотранспортных средств.

#### Литература

1. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 2009г. Минск «Минсктиппроект», 2008. - 284с.
2. К вопросу нормирования токсичности отработавших газов дизелей по окислам азота/ Н.Н.Иванченко, В.И.Смайлис, В.И.Балакин.// Повышение мощности и надежности тракторных двигателей, - Научные труды УСХА-1976. Выпуск 186.-С.86-93.

УДК 631.158:658.345

### ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОЙ СИСТЕМЫ В ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКИ ЯГОД НА КЛЮКВЕННОМ ЧЕКЕ

Агейчик В.А., к.т.н., доц., Мисун А.Л. (БГАТУ)

#### Введение

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. Следует при этом отметить, что одними из основных причин техногенных воздействий на ЧМ систему являются происшествя, 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 вышеприведенного 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.

#### Основная часть

Для управления безопасностью ЧМ необходимо знать функциональное состояние объекта на различных этапах, то есть 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 ( $K_{\text{ч}}$ ) – статистический показатель числа травм на производственном объекте за календарный год, приходящихся на 1000 работающих. В тоже 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, то есть:

$$M_{K_{\text{ч}}} = P\{A\} \cdot 1000 \quad (1)$$

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

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  $P_{\text{чм}}$  можно определить из выражения:

$$P_{\text{чм}} = 1 - P_{\text{отк}} \quad (2)$$

где  $P_{\text{отк}} = \frac{K_{\text{ч}}}{1000}$  – вероятность отказа человеко-машинной системы.

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 [1], каковыми являются факты травмирования, то вероятность отказа функционирования ЧМ системы  $P_{\text{отк}}$  соответственно при независимом или зависимом виде связи между составляющими элементами человеко-машинной системы равна:

$$P_{\text{отк}} = P_{\text{оп}} \cdot P_{\text{м}} \quad (3)$$

$$P_{\text{отк}} = P_{\text{оп}} + P_{\text{м}} - P_{\text{оп}} \cdot P_{\text{м}} \quad (4)$$

$P_{\text{м}}$  – вероятность отказа технического средства;

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

$$P_{\text{оп}} = 1 - P_{\text{п}} \quad (5)$$

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

$$P_{\text{п}} = P_{\text{пр}} \cdot \prod_{i=1}^n P_i \quad (6)$$

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

$$P_{\text{пр}} = \frac{m}{N} \quad (7)$$

$m$  – 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  $P_{\Pi}$  и известных  $P_i$  должно выполняться условие:

$$P_{\Pi} \geq \frac{P_{\Pi}}{\prod_{i=1}^n P_i} \quad (7)$$

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 [2].

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:

$$X_i > x_{i\text{дон}} \quad (i = 1, 2, \dots, k), \quad (8)$$

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

$x_{i\text{дон}}$  – 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 [3]:

$$q_i = P\{X_i > x_{i\text{дон}}\} = \int_{x_{i\text{дон}}}^{\infty} \varphi_i(X_i) dx, \quad (9)$$

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

Тогда, вероятность информационной перегрузки ( $q$ ) рассчитывается как вероятность суммы совместных  $A_i$ -тых событий [1; 3]:

$$q = P\left(\sum_{i=1}^k A_i\right) \quad (10)$$

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

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i}{y_{i\text{max}}}\right)^2} \quad (11)$$

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 (1)...(11) позволяют спрогнозировать функциональное состояние человеко-машинной системы в процессе уборки ягод крупноплодной клюквы «на воде».

*Литература*

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с.
2. Мисун, Л.В. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: практикум. В двух частях. Ч. 2. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности / Л.В. Мисун, Л.Д. Белехова, Т.А. Миклуш, О.А. Ковалева. – Минск: БГАТУ, 2010. – 132 с.
3. Адамович, Н.В. Управляемость машин (эргономические основы оптимизации рабочего места человека–оператора) / Н.В. Адамович. – М.: Машиностроение, 1977. – 280 с.

УДК 631.3:658.34

**К ВОПРОСУ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

*Агейчик В.А., к.т.н., доц., Мисун А.Л. (БГАТУ)*

*Введение*

В процессе производственной деятельности при функционировании системы «оператор-машина-среда» (О-М-С) основными источниками опасности для оператора мобильной сельскохозяйственной техники являются: непосредственно сами технические средства, а также производственная среда (состав воздуха, акустический и вибрационный фон и т. д.).

Для исключения возможности травмирования оператора, повышения его работоспособности, защиты от влияния опасных и вредных факторов производственной среды (шума, вибрации, запыленности, загазованности, теплового воздействия и др.) необходимо постоянно улучшать условия и повышать безопасность труда. При этом важнейшее место отводится совершенствованию конструкции кабины технического средства – своеобразной защитной оболочки вокруг рабочего места оператора (рис. 1), содержащей ряд устройств для нормализации поступающего воздуха, осуществления обогрева или охлаждения, выполнения других функций для создания необходимых условий труда.

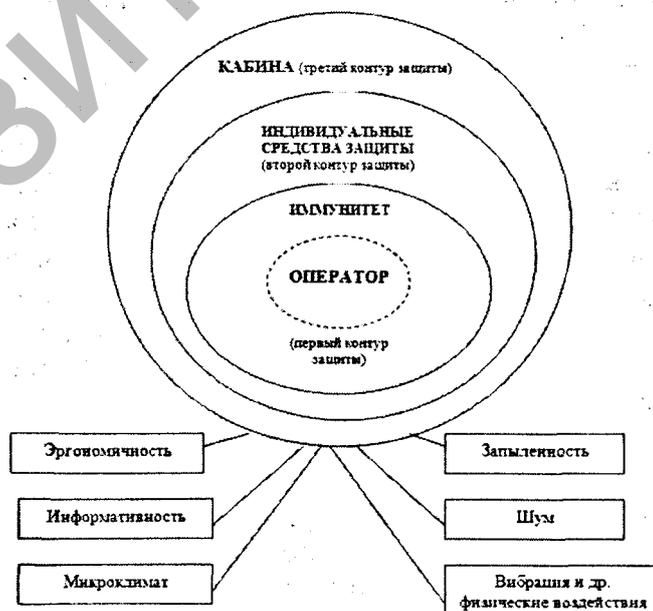


Рисунок 1 – Схема защиты оператора мобильной сельскохозяйственной техники от воздействий производственной среды