

УДК 631.95, 504.7

UDC631.95, 504.7

**НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ, ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УЩЕРБЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**THE RELIABILITY OF TECHNICAL SYSTEMS AND ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC LOSSES IN AGRICULTURE**

Оськин Сергей Владимирович  
д.т.н., профессор

Oskin Sergey Vladimirovich  
Dr.Sci.Tech., professor

Тарасенко Борис Фёдорович  
к.т.н., доцент  
*Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия*

Tarasenko Boris Fedorovich  
Cand.Tech.Sci., associate professor  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

Надежность работы технических систем оказывает значительное влияние на технологический ущерб производства. При расчете коэффициента готовности технической системы необходимо учитывать скрытые и явные отказы отдельных составляющих всего объекта. Существует формула для расчета технологического ущерба в зависимости от коэффициента готовности технического объекта. Получены аналогичные формулы для расчета ущербов от загрязнения атмосферы, от загрязнения водных ресурсов, выбросов твердых веществ в почву. Полученные формулы связывают надежность технических систем с отдельными составляющими экологического ущерба

The reliability of work of the technical systems significantly influences the technological losses of manufacture process. During the counting the availability ratio of the technical system it is recommended to take into the consideration implicit as well as evident breakdowns of all separate components of the whole object. There is a formula for counting technological losses depending on the availability ratio of technical object. Similar formulas for counting losses proceeding of atmosphere and water resources pollution, pollution of soils with hard matters are obtained. Introduced identities bring together reliability of the technical systems and separate components of ecological losses

Ключевые слова: АВАРИИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ЭЛЕКТРОПРИВОД, КОЭФФИЦИЕНТ ГОТОВНОСТИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ УЩЕРБ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Keywords: DAMAGES, TECHNICAL SYSTEMS, ELECTRIC DRIVE, AVAILABILITY RATIO, TECHNOLOGICAL LOSS, ECOLOGICAL LOSS, ENVIRONMENTAL POLLUTION

Общеизвестно, что главной проблемой в агропромышленном комплексе РФ является проблема охраны окружающей среды и, в первую очередь, воздуха, воды, почвы. Основными причинами ухудшения экологической обстановки являются воздействие на окружающую среду технических систем.

Для решения указанной проблемы нами поставлены следующие **задачи исследований.**

1. Проанализировать влияние технических систем на окружающую среду.

2. Провести исследования надежности технических систем и привести формулы расчета экологического, экономического ущерба в сельском хозяйстве.

Реализация задач исследований осуществлена следующим образом.

1. Технические системы [1, 2], работающие в сельском хозяйстве, являются объектами, состоящими из нескольких элементов (рабочая машина, электродвигатель, устройства коммутации, устройства защиты и т.д.), каждый из которых выполняет свое назначение с определенной надежностью. Согласно ГОСТ 27.003, под надежностью понимают свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Так как восстановление технической системы – машины может производиться путем замены элементов, то она относится к объектам, восстанавливаемым в процессе применения, для которых допустимы кратковременные перерывы в работе. К невосстанавливаемым объектам относятся следующие элементы машины: кнопка управления, микросхема, отдельные элементы рабочей машины, ремень приводы, шкивы и т.д. К восстанавливаемым вне процесса применения элементам относятся: электродвигатель, магнитный пускатель, устройство защиты, различные валы, редукторы и другие составляющие рабочей машины. В зависимости от восстанавливаемости, используются соответствующие показатели надежности. Эти показатели могут быть единичными, характеризующими одно из свойств, составляющих надежность объекта, и комплексными, характеризующими несколько свойств. Единичные показатели применяются для характеристики элементов технической системы, комплексные – для всей машины. В процессе исследований оперируют понятиями эксплуатационной и номинальной надежности. Номинальная надежность характеризует способность устройств функционировать в номинальных режимах,

оговоренных в технических условиях нормативно-технической документации. Эксплуатационная надежность характеризует способность элементов функционировать в конкретных условиях эксплуатации, которые определяются реальными режимами работы, воздействием окружающей среды, системой обслуживания и ремонта, квалификацией обслуживающего персонала.

Любая техническая система в процессе эксплуатации может находиться в различных состояниях. Работоспособное состояние характеризуется способностью объекта выполнять заданные функции в соответствии с требованиями нормативно-технической и (или) конструкторской документации. Если объект находится в состоянии, при котором значение хотя бы одного функционального параметра не соответствует требованиям документации, то это состояние является неработоспособным. Признаками неработоспособного состояния могут быть отклонение показателей качества работы, например, снижение подачи воздуха вентилятора, изменение скорости транспортера. Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния, называется отказом. Отказы классифицируются по нескольким признакам. По характеру обнаружения отказы могут быть явными и скрытыми. Скрытые отказы могут быть обнаружены только при специальной проверке – тестировании, проводимой при техническом обслуживании часто со специальными техническими средствами. Для электропривода это может быть: снижение сопротивления изоляции электродвигателя, повышенный износ его подшипников, изменение порогов срабатывания устройств защиты от аварийных режимов работы и т.д. Скрытый отказ при определенном стечении обстоятельств может перейти в – явный. Поэтому выявление его на ранней стадии является задачей актуальной. Необходимость выявления скрытых отказов обусловлена также тем, что по тяжести последствий отказы сельскохозяйственного электропривода относятся к 3-ей или 2-ой категории по ГОСТ 27.310.

2. Исследование надежности [3, 4, 5, 6, 7] необходимо начинать с установления понятия отказа для конкретной системы. Это обусловлено тем, что для некоторых объектов отказом будет считаться не только полная потеря работоспособности, но и такое отклонение параметров функционирования, при котором его дальнейшая эксплуатация невозможна по соображениям безопасности или нецелесообразна по экономическим и экологическим признакам. Технические объекты сельского хозяйства является ответственной составной частью системы получения продукции, и время его включения часто жестко регламентировано по времени суток. В связи с этим, под отказом электрифицированной машины нужно понимать следующее: отказ или повреждение любого элемента, приводящие к мгновенному самопроизвольному отключению электрифицированной установки, ухудшение параметров отдельных элементов сверх допустимых значений, при которых может произойти самовыключение в любой момент времени (снижение сопротивления изоляции, повышение температуры электродвигателя сверх допустимого значения, повышенный износ подшипников, технологическая перегрузка, изменение порогов срабатывания устройств защиты от аварийных режимов работы, отказ отдельных устройств коммутации) или рабочая машина будет производить продукцию пониженного качества; отказ устройств аварийной сигнализации. Одни отказы будут явными, а другие – скрытыми. Таким образом, в процессе эксплуатации техническая система, кроме работоспособного состояния может находиться в режиме скрытого отказа, в режиме явного отказа. Все эти события многократны и являются случайными. Математическим аппаратом для исследования этих состояний является теория вероятностей.

Электрифицированные машины в сельском хозяйстве состоят из нескольких элементов, отказы которых чаще независимы. Отказы отдельных элементов системы имеют свои законы распределения, их потоки ординарны, а после периода приработки становятся ординарными и стационарными.

ными. Поток отказов всей системы равен сумме нескольких независимых ординарных, стационарных потоков отказов элементов, и будет приближаться к простейшему. Следовательно, при соответствующих допущениях, для установившегося режима эксплуатации системы, можно принять, что закон распределения отказов будет экспоненциальным. При увеличении количества элементов системы, суммарный закон распределения еще больше будет приближаться к простейшему. Современные сельскохозяйственные машины, могут содержать количество элементов значительно превышающих минимальный набор. На основе проведенного анализа, расчет комплексного показателя надежности – коэффициента готовности  $k_2$  для электропривода лучше проводить по формуле:

$$k_2 = \frac{1}{1 + \sum_i^n \frac{T_{Bi}}{T_{Oi}} + \sum_j^m \frac{T_{Bj}}{T_{Oj}}},$$

(1)

где  $T_{Bi}$  – среднее время восстановления  $i$ -го элемента машины при явном отказе;

$T_{Oi}$  – среднее время наработки на явный отказ  $i$ -го элемента машины;

$T_{Bj}$  – среднее время восстановления  $j$ -го элемента машины при скрытом отказе;

$T_{Oj}$  – среднее время наработки на скрытый отказ  $j$ -го элемента машины.

Среднее время восстановления при скрытых отказах лучше брать, равным половине времени между очередными профилактическими осмотрами. Это связано с равной вероятностью возникновения отказа как на следующий день после проведения технического обслуживания (ТО), так непосредственно перед очередной профилактикой. Конечно, мы принимаем допущение, что при проведении технического обслуживания произой-

дет выявление всех скрытых отказов. Таким образом, при возникновении скрытого отказа электрифицированной машины будет находиться в состоянии, при котором в любой момент может произойти переход из скрытого отказа в явный, и техническая система будет не работоспособна. Эти рассуждения вполне совпадают с определением коэффициента готовности. Кроме того, известно, что более частое проведение профилактических мероприятий увеличивает надежность систем, а в нашем случае снижается вероятность нахождения в скрытом отказе, что приводит к повышению коэффициента готовности.

Если не учитывать скрытые отказы то численные значения коэффициента готовности машины имеют очень высокие значения, которые затруднительно использовать в дальнейшем. Однако данный показатель широко используется при оценке надежности рабочих машин, особенно при государственных испытаниях на машиноиспытательных станциях. Учет скрытых отказов позволяет получить конкретные значимые коэффициенты готовности, которые можно использовать также при расчетах экономической эффективности. Так при скрытом отказе все время сохраняется вероятность нарушения работоспособности, следовательно, можно рассчитывать технологический ущерб  $Y_T$ , связанный с надежностью сельскохозяйственных технических систем в животноводстве по формуле:

$$Y_T = y \cdot t_{год} \cdot n \cdot (1 - k_z),$$

(2)

где  $y$  – удельный технологический ущерб, зависящий от вида животных и технологической операции (можно использовать данные ВИЭСХ);

$t_{год}$  – время работы в году;

$n$  – количество животных данного вида.

Фактически произведение  $t_{\text{вод}} \cdot (1 - k_z)$  является временем восстановления работоспособного состояния с учетом явных и скрытых отказов. Полученный вероятностный технологический ущерб становится критерием оптимизации показателей надежности и, как следствие, – определителем оптимального срока профилактических мероприятий.

Однако кроме технологического ущерба может возникать и экологический – дополнительный выброс аммиака, загрязнение водоема от отказа коммуникаций, ухудшение микроклимата и т.д. Эколого-экономическая оценка ущерба, нанесенного окружающей природной среде, заключается в определении фактических и возможных (предотвращаемых) материальных и финансовых потерь и убытков от ухудшения в результате антропогенного воздействия качественных и количественных параметров окружающей природной среды в целом и ее отдельных эколого-ресурсных компонентов (водные ресурсы, земельные ресурсы, ресурсы растительного и животного мира).

Общий экономический ущерб от загрязнения окружающей среды состоит в основном из трех составляющих и связанных с конкретными следующими ущербами: причиняемый материальным объектам; здоровью и жизни населения; природно-ресурсной системе и соответствующим отраслям. Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды является комплексной величиной и складывается из ущербов по отдельным видам объектов в загрязненной зоне. По настоящее время его определение представляет собой сложную проблему, поэтому на практике обычно проводится укрупненный расчет суммарного экономического ущерба от загрязнения отдельных элементов природной среды. Так величина ущерба от загрязнения атмосферы определяется по формуле:

$$Y_A = y_a \cdot k_s \cdot k_r \cdot M_{np}$$

(3)

где  $y_a$  – удельный ущерб за условную тонну загрязнения (руб/усл. т),

$k_s$  – коэффициент, характеризующий относительную опасность загрязнения атмосферы над территориями различного типа;

$k_r$  – коэффициент, учитывающий характер рассеивания примесей-загрязнителей в атмосфере (принимается из специальных таблиц);

$M_{np}$  – приведенная масса загрязняющих веществ, в тоннах условного топлива (усл. т /год).

В атмосферу выбрасываются соединения тяжелых металлов, диоксидов, взвесей, летучих органических соединений, окисей азота, кислот. Удельный ущерб от загрязнения атмосферного воздуха по экономическим районам можно взять из таблицы 1.

Таблица 1 – Удельный ущерб от загрязнения атмосферного воздуха

№ п/п	Наименование экономического района	Показатель удельного ущерба, У уд <sup>3</sup> г, руб./усл.т (в ценах 1999 года)
1	2	3
1	Северный	46,0
2	Северо-Западный	62,5
3	Центральный	74,0
4	Волго-Вятский	64,0
5	Центрально-Черноземный	62,8
6	Поволжский	63,7
7	Северо-Кавказский	68,7
8	Уральский	67,4
9	Западно-Сибирский	60,2
10	Восточно-Сибирский	46,9
11	Дальневосточный	44,2
12	Калининградская обл.	61,9

Значения коэффициента, характеризующего относительную опасность загрязнения атмосферы над территориями различного типа, можно взять из таблицы 2.

Таблица 2 – Значения коэффициента относительной ценности территории  $k_s$

Тип территории	Значение, $k_s$
Курорты, заповедники	10
Зеленые зоны отдыха	8
Населенные пункты с плотностью населения, n чел. / га	$(0,1 \text{ га / чел.}) \times n$
Территории промышленных предприятий	4
Леса 1-ой группы	0,2
Леса 2-ой группы	0,1
Леса 3-ей группы	0,025
Пашни	0,1 – 0,25
Сады	0,5
Пастбища, сенокосы	0,05

Для коэффициента, учитывающего характер рассеивания примесей-загрязнителей в атмосфере, рекомендуется следующее: если нет газоочистительного оборудования или степень очистки менее 70 %, то  $k_r = 3$ , при эффективности очистки 70–90 %  $k_r = 2,5$  и более 90 %  $k_r = 2$ . Для газообразных веществ и аэрозолей  $k_r = 1$ .

Приведенная масса загрязняющих веществ  $M_{np}$ , определяется по формуле:

$$M_{np} = \sum_i m_i \cdot A_i$$

(4)

где  $m_i$  – масса  $i$ -го загрязняющего вещества (т/год),

$A_i$  – показатель относительной опасности (агрессивности)  $i$ -го вещества (усл. т /т), определяется с учетом ПДК (1/ПДК $_i$ ).

Показатели относительной агрессивности примесей для некоторых веществ приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения коэффициента относительной агрессивности примесей  $A_i$

№ п/п	Загрязняющие вещества	значения
1	Оксид углерода (углерод оксид)	0,4
2	Углеводороды (в пересчете на углерод)	0,7
3	Твердые вещества (недифференцированная по составу пыль)	2,7
4	Окислы азота	16,5
5	Сернистый ангидрид	20,0
<b>Специфические по составу загрязняющие вещества (по классам опасности)</b>		
6	<b>Группа А (4 класс опасности)</b>	
	1. Бутилен, бензин, гексан, циклогексан, скипидар, пентан и др. химические соединения с ПДК <sub>ср.сут.</sub> $\geq 0.8 \text{ мг/м}^3$	1,2
	2. Аммофос, арилокс, бутилацетат, гексилацетат, карбамид, мочевины, диэтиловый эфир, магния хлорид, углерод четыреххлористый, этилацетат и др. химические соединения с ПДК <sub>с.с.</sub> $\geq 0.08$ до $0.8 \text{ мг/м}^3$	6,7
	3. Аммиак, ацетон, бензин сланцевый, диметил этаполламин, диэтиламин, калия карбонат, мелиорант, метил бромистый, нафталин и др. химические соединения с ПДК <sub>с.с.</sub> $< 0.08 \text{ мг/м}^3$	28,5
7	<b>Группа В (3 класс опасности)</b>	

продолжение таблицы 3

1	2	3
	1. Ангидрид вольфрамовый, вольфрама оксид, дихлорпропан, зола сланцевая, натрия сульфат пропилен, трихлорэтилен и др. химические соединения с ПДК <sub>с.с.</sub> $\geq 0.1 \text{ мг/м}^3$	10,0
	2. Альдегид масляный, амбуш, висмута оксид, гептен, железа оксид, капролактан, магния оксид, метиланилин, олова оксид, сажа и др. химические соединения с ПДК <sub>с.с.</sub> $\geq 0.01$ до $0.1 \text{ мг/м}^3$	33,5
	3. Железа сульфат, кислота капроновая. Хлорбензотрифторид, пентадиен, этилакрилат и др. химические соединения с ПДК <sub>с.с.</sub> $< 0.01 \text{ мг/м}^3$	143,0

Аналогично с формулой (2) с учетом выражения (4) можно получить формулу для расчета величины ущерба от загрязнения атмосферы из-за ненадежности технической системы:

$$Y_A = y_a \cdot k_s \cdot k_r \cdot (1 - k_z) \cdot \sum_i m_i \cdot A_i \quad .$$

(5)

Величина ущерба от загрязнения воды определяется по формуле:

$$Y_B = y_z \cdot k_o \cdot M_{прв} \cdot$$

(6)

где  $y_z$  – удельный ущерб от загрязнения водных ресурсов, руб./ усл. т,

$k_o$  – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов (относительной опасности загрязнения для различных водохозяйственных участков);

$M_{прв}$  – приведенная масса годового сброса примесей данным источником в конкретный водохозяйственный участок (усл. т /год).

Удельный ущерб от загрязнения водных ресурсов зависит от конкретного водного бассейна и административного региона, для отдельных регионов приведены данные в таблице 4.

Таблица 4 – Значения удельного ущерба от загрязнения водных ресурсов

Водные бассейны и административные районы РФ	Удельный ущерб от загрязнения водных ресурсов, $y_z$ , руб./ усл. т	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния водных объектов, $k_o$
1	2	3
Астраханская область	9591,0	1,30-1,31
Республика Калмыкия-Хальмг-Тангч	9129,1	1,30
Бассейн р. Терек	7246,5	
Республика Дагестан	7600,4	1,11
Республика Кабардино-Балкария	6876,6	1,11

Республика Северная Осетия	7359,1	1,11-1,23
Республика Ингушетия	6859,2	1,11-1,85
Бассейн р. Урал	8452,8	
Оренбургская область	7902,0	1,08-1,19
Челябинская область	9410,0	1,08-1,31
Республика Башкортостан	8806,8	1,08-1,19
<b>Бассейн Азовского моря</b>	<b>9082,1</b>	
Бассейн р. Дон	10075,6	
Орловская область	8140,9	1,10-1,11
Тульская область	9229,1	1,10-1,18
Белгородская область	9772,0	1,11-1,19
Курская область	8384,6	1,11
Липецкая область	9706,5	1,11-1,29
Тамбовская область	8987,8	1,11-1,12
Пензенская область	9168,8	1,06-1,08
Воронежская область	9772,0	1,11-1,28
Саратовская область	8324,3	1,06-1,08
Волгоградская область	7178,2	1,06-1,08
Ставропольский край	9651,3	1,26
Ростовская область	10737,1	1,26-1,85
Бассейн р. Кубань	8086,3	
Краснодарский край	8022,7	1,49-2,90
Ставропольский край	8564,3	1,49-1,56

продолжение таблицы 5

1	2	3
<b>Бассейн Черного моря</b>	-	
Бассейн р. Днепр	7913,0	
Смоленская область	8203,6	1,10-1,155
Калужская область	7540,1	1,10-1,12
Брянская область	6936,9	1,10-1,50

Приведенный объем  $M_{прв}$  определяется по формуле:

$$M_{прс} = \sum_i A_{iс} \cdot m_{iс} \cdot (7),$$

где  $A_{iс}$  – коэффициент агрессивности  $i$ -ой примеси, показатель относительной опасности сбрасываемого загрязнителя в сравнении с другими примесями (усл. т/т),

$m_{iс}$  – масса годового сброса  $i$ -й примеси, т/год. Если источник сбрасывает сточные воды нескольких типов, различающиеся степенью очистки, то следует определить общую массу сброса путем дальнейшего суммирования.

Возвращаемая в природу человеком вода сильно загрязнена, создавая проблемы для развития экосистем и естественно самому человеку. В агроландшафтах нарушается установившееся соотношение инфильтрация: поверхностный сток, которому способствует распашка земель, особенно склонов, вырубка лесов, строительство дорог, уплотнение почвы и др. непродуманные действия. В качестве основы для расчетов приведенных объемов загрязнений используются утвержденные значения предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в водоемах рыбохозяйственного значения. С помощью ПДК определяются коэффициенты агрессивности загрязняющих веществ (как величина обратная ПДК). Значения константы  $A_{iс}$  для некоторых загрязнителей приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Значения константы  $A_{i\epsilon}$  для загрязнителей водных ресурсов

№ гр.	Загрязняющие вещества	Коэфф. агрессивн., $A_{i\epsilon}$
1	2	3
I.	<b>Вещества и химические соединения преимущественно IV и III классов опасности</b>	
1	Сульфаты, хлориды, соли жесткости ( $Ca^+$ , $Mg^+$ , $K^+$ , $Na^+$ ), мочевины и др. химические соединения с ПДК $_{рх} \geq 40$ г/м <sup>3</sup>	0,05
2	Нитраты, карбомидная смола, лак битумный, кальций фосфорнокислый, метилхлорид, таннины и др. химические соединения с ПДК $_{рх} \geq 5$ до 40 г/м <sup>3</sup>	0,20
3	Взвешенные вещества	0,15
4	БКПолн., далапон., метилцеллюлоза, гуминовые кислоты, ОЖК, полиэфир, силикат калия, сульфат бария, углен (взвесь, волокно), фталевая кислота, этилен и др. химические соединения с ПДК $_{с.с.} \geq 2,0$ до 4,0 г/м <sup>3</sup>	0,30
5	Азот общий, алюминий, фосфор общий, железо общее, аммония-ион, ацетонитрил, бензол, диметилацетомид, карбомол, метазин, нитрат аммония ( $NH_4$ ), сероуглерод, сульфенол, сульфат аммония ( $NH$ ), толуол, гексан и др. химические соединения с ПДК $_{рх.} \geq 0,5$ до 2,0 г/м <sup>3</sup>	1,00
II.	<b>Химические соединения III и II классов опасности</b>	
6	Ацетат-ион (натрий уксуснокислый, бутилацетат, демитилформамид, лапрол, неонов, сульфенол НП-1, скипидар, формалин, фосфорнокислый калий, хлорат магния, этиленгликоль и др. химические соединения с ПДК $_{рх.} \geq 0,2$ до 0,5 г/м <sup>3</sup>	3,50
7	Гликозин, масло легкое таловое, метанол, нефтеполимерная смола, родонит калия, свинец ( $Pb^2$ ), СПАВ, стирол, фосфор пятихлористый, хлористый литий, барий и др. химические соединения с ПДК $_{рх.} \geq 0,06$ до 0,2 г/м <sup>3</sup>	11
8	Ацетон, ацетофенон, аммиак, бутиловый спирт, нефть и нефтепродукты, масла, жиры и др. химические соединения с ПДК $_{рх.} \geq 0,02$ до 0,06 г/м <sup>3</sup>	20

Аналогично со случаем загрязнения атмосферы получим формулу для определения ущерба от загрязнения водных ресурсов из-за отказов технических систем:

$$Y_B = y_3 \cdot k_o \cdot \sum_j A_{j\epsilon} \cdot m'_{ij\epsilon} \cdot t_{zodj} \cdot (1 - k_{zj}). \quad (8)$$

Экологический ущерб от ухудшения почв и земель под воздействием техногенных нагрузок выражается в следующем виде: деградация почв и земель, загрязнение химическими веществами использующих земель, занятие земель несанкционированными свалками.

Определение величины экономического ущерба от выбросов твердых веществ в почву осуществляется по формуле:

$$Y_{II} = y_n \cdot k_u \cdot M_{omx} \cdot (9)$$

где  $y_n$  – удельный ущерб от выброса 1 т загрязнения;

$k_u$  – коэффициент, учитывающий ценность земельных ресурсов;

$M_{omx}$  – масса отходов в почву за год, т.

Величина удельного ущерба зависит от типа отходов. По неорганическим соединениям она составляет 2 руб./т, по органическим и бытовым соответственно 3 и 4 руб./т. Коэффициент ценности суглинистых почв равен 0,5–0,7; для черноземных угодий – 1,5; для орошаемых сельскохозяйственных угодий – 3.

Таким образом, формула для определения экологического ущерба от выбросов твердых веществ в почву с учетом надежности технических систем приобретает вид:

$$Y_{II} = y_n \cdot k_u \cdot M_{omx} \cdot (1 - k_2) \cdot (10)$$

Ущерб от деградации почв и земель также можно рассчитать по более точной формуле:

$$Y_{дII} = y_{\partial n} \cdot \sum_j S_j \cdot k_{zn} \cdot (11)$$

где  $y_{\partial n}$  – удельный ущерб от выброса загрязнения, тыс. руб./га;

$k_{zn}$  – коэффициент природохозяйственной значимости почв и земель;

$S_j$  – площадь земель j-го типа, га.

Значение удельного экологического ущерба почвам и земельным ресурсам можно принимать из таблицы 6.

Таблица 6 – Значение удельного экологического ущерба почвам и земельным ресурсам (в ценах 1999 г.)

Зоны	Административные территории	$Y_{уд}$ , тыс.руб./га
1	2	3
I-зона	Республики Карелия, Коми, Архангельская, Мурманская области, Ненецкий АО	22,5
II-зона	Республики Марий-Эл, Удмуртская; Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Калужская, Тверская, Кировская, Костромская, Новгородская, Пермская, Псковская, Смоленская, Ярославская области; Коми-Пермятский АО	22,0
III-зона	Чувашская Республика-Чаваш; Нижегородская, Орловская, Рязанская, Тульская области	24,6
IV-зона	Республики Мордовия, Татарстан; Белгородская, Воронежская, Самарская, Курская, Липецкая, Пензенская, Тамбовская, Ульяновская области	36,5
V-зона	Республика Калмыкия-Хальмг-Тангч, Астраханская, Волгоградская, Саратовская области	30,8
VI-зона	Республика Адыгея, Краснодарский край	47,2
VII-зона	Республики Дагестан, Ингушская, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия; Ставропольский край, Ростовская область	45,9
VIII-зона	Республика Башкортостан; Курганская, Оренбургская, Свердловская, Челябинская области	26,0
IX-зона	Республика Алтай; Алтайский край, Новосибирская, Омская, Томская, Тюменская, Кемеровская области; Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий АО	31,4
X-зона	Республики Бурятия, Тува, Хакасия; Красноярский край; Камчатская, Читинская области; Агинский, Бурятский АО, Таймырский (Долгано-Ненецкий) АО, Усть-Ордынский Бурятский АО, Эвенкийский АО	33,3
XI-зона	Республика Саха (Якутия); Приморский, Хабаровский край; Камчатская, Магаданская, Сахалинская, Амурская области; Еврейская АО, Корякский, Чукотский АО	9,0
XII-зона	Калининградская, Ленинградская области и г. Санкт-Петербург	14,3
XIII-зона	Московская область и г. Москва	23,0

Коэффициент природохозяйственной значимости почв и земель зависит от назначения земель и может быть принят из таблицы 7.

Таблица 7 – Значение коэффициента природохозяйственной значимости почв и земель

Особо охраняемые природные территории	Земли населенных пунктов		Земли сельскохозяйственного назначения						Земли лесохозяйственного назначения			Земли промышленного и иного назначения		
	застроенные территории, ас-фальт	незастроенные рек реакционного назначения	с/х угодья	Прочие не с/х угодья					лесные	Нелесные			под инженерные сооружениями, застройки, коммуникации	не застроенные
				земли населенных пунктов, дорог и ЛЭП	лесные территории	болота	тундра и лесотундра, олены пастбища			с/х угодья	болота	прочие		
							моховые	лишайники						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
3,0*	1,5	2,5*	2,2*	1,5	2,5*	1,7	2,8	2,8*	2,2*	2,2*	1,7	1,5	1,0	1,3

Примечание: \* – указанный показатель умножается на коэффициент (1+бон/100), учитывающий бонитет; для земель под влагозащитными лесными насаждениями, либо противоэрозийными посадками показатель природохозяйственной значимости увеличивается на 0,2, а для земель водоохраной зоны – на 0,3; если водоохранная зона расположена вдоль источника питьевого водоснабжения, показатель берется, равным 3.

Оценка экологического ущерба от загрязнения земель химическими веществами проводится по формуле:

$$Y_{XB} = y_{xe} \cdot \sum_j S_j \cdot k_{zn} \cdot k_{ko} \cdot (12)$$

где  $y_{xe}$  – удельный ущерб от загрязнения земель химическими веществами, тыс.руб./га;  $S_j$  – площадь земель j-го типа, га;  $k_{ko}$  – коэффициент учитывающий класс опасности химического вещества.

В таблице 8 даны значения коэффициента, учитывающего класс опасности химического вещества.

Таблица 8 – Значения коэффициента учитывающего класс опасности химического вещества

<b>Ki</b>	<b>Класс опасности</b>
1	IV
2	III
3	II
7	I
0,2	нетоксичные

Расчеты, выполненные укрупненным методом, показывают, что экономический ущерб обществу от загрязнения воздушного бассейна составляет около 60 %, водного бассейна – около 30 % и от загрязнения твердыми отходами – около 10 % общего ущерба. В развитых зарубежных странах экономический ущерб от нерационального природопользования оценивается 4–8 % ВВП. Оценка суммарного ущерба по России приблизительно составляет 15–17 % ВВП.

Таким образом, общую формулу по определению ущерба от ненадежности технических систем можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 Y = & Y_T + Y_A + Y_B + Y_{II} = (1 - k_z) \cdot y \cdot t_{zod} \cdot n + \\
 & + y_a \cdot k_s \cdot k_r \cdot \sum_i m'_i \cdot A_i \cdot t_{zodi} \cdot (1 - k_{zi}) + \\
 & + y_3 \cdot k_o \cdot \sum_j A_{j\theta} \cdot m'_{j\theta} \cdot t_{zodj} \cdot (1 - k_{zj}) + y_n \cdot k_u \cdot M_{omx} \cdot t_{zod} \cdot (1 - k_z)
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

В зависимости от места, где работает технологический объект, данная формула будет изменяться, и отличаться количеством слагаемых. Значе-

ние отдельного вида ущерба, конечно, зависит от конкретной продукции, выпускаемой производством, опасностью сопровождающих веществ, конкретной территорией.

**Выводы.** 1. Из анализа выяснено, что актуальным является повышение надежности технических систем и выявление отказов на ранней стадии.

2. На основании проведенных исследований надежности приведена формула расчета комплексного показателя надежности, а также приведена общая формула по определению ущерба от ненадежности технических систем.

### Список литературы

1. Оськин С.В. Повышение надежности электроприводов в сельском хозяйстве./С.В. Оськин, И.А. Переверзев, А.Ф.Кроневальд//Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2008, №1.-с.20.

2. Оськин С.В., Пахомов А.И. К обоснованию параметров тестовой диагностики электродвигателей./С.В. Оськин, А.И. Пахомов//Сб-к: Энерго- и ресурсосберегающие технологии и установки. Материалы 5-ой Всероссийской научной конференции (ВРНК-2007).Сер. «Электромеханика и электротехнологии».-Краснодар, 2007.- с.45-48/

3. Оськин С.В. Повышение экологической безопасности сельскохозяйственной продукции./С.В. Оськин// Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2011, №5., с.21-23.

4. Оськин С.В. Техничко-экономическая оценка эффективности эксплуатации электрооборудования/С.В. Оськин, Г.М. Оськина// Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2006, №1.-с.2-3.

5 Методика определения предотвращенного экологического ущерба. Утверждена Государственным комитетом РФ по охране окружающей среды 30.11.1999 г.-М.: 1999.- 37 с.

6. Перечень предельно допустимых концентраций и ориентировочных безопасных уровней воздействия ,Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов, -Вологда, 1995.

7.Соколов Л.И., Козлова А.Г. Эколого-экономическая эффективность предприятий/Л.И. Соколов, А.Г. Козлова:Учеб.пособие.-Вологда.-ВоГТУ, 2001.-60 с.

### References

1. Os'kin S.V. Povyshenie nadezhnosti jelektroprivodov v sel'skom hozjajstve./S.V. Os'kin, I.A. Pereverzev, A.F.Kroneval'd//Mehanizacija i jelektifikacija sel'skogo hozjajstva. 2008, №1.-s.20.

2. Os'kin S.V., Pahomov A.I. K obosnovaniju parametrov testovoj diagnostiki jelektrodvigatelej./S.V. Os'kin, A.I. Pahomov//Sb-k: Jenergo- i resursosberegajushhie tehnologii i ustanovki. Materialy 5-oj Vserossijskoj nauchnoj konferencii (VRNK-2007).Ser. «Jelektromehaniika i jelektrotehnologii».-Krasnodar, 2007.- s.45-48/

3. Os'kin S.V. Povyshenie jekologicheskoy bezopasnosti sel'skohozjajstvennoj produkcii./S.V. Os'kin// Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. 2011, №5., s.21-23.

4. Os'kin S.V. Tehniko-jekonomicheskaja ocenka jeffektivnosti jekspluatacii jelekrooborudovanija/S.V. Os'kin, G.M. Os'kina// Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva. 2006, №1.-s.2-3.

5 Metodika opredelenija predotvrashhennogo jekologicheskogo ushherba. Utverzhdena Gosudarstvennym komitetom RF po ohrane okruzhajushhej sredy 30.11.1999 g.-M.: 1999.-37 s.

6. Perechen' predel'no dopustimyh koncentracij i orientirovochnyh bezopasnyh urovnej vozdeystvija ,Ministerstvo ohrany okruzhajushhej sredy i prirodnyh resursov, -Vologda, 1995.

7.Sokolov L.I., Kozlova A.G. Jekologo-jekonomicheskaja jeffektivnost' predpriyatij/L.I. Sokolov, A.G. Kozlova: Ucheb.posobie.-Vologda.-VoGTU, 2001.-60 s.