

УДК 631.316.022

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Судник Ю. А., д.т.н.,

Гаврилин П. А. асп.*

ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина»

Тел. (495)9761053

Аннотация - в статье изложены принципы и подходы в решении проблемы моделирования экологически безопасных мобильных сельскохозяйственных агрегатов.

Ключевые слова – моделирование, аграрное производство, мобильная техника, технические системы

Постановка проблемы. Современный парк мобильных сельскохозяйственных агрегатов (МСА) наряду с полезными их функциями оказывает многообразие вредных воздействий на экологию окружающей среды, растительности и человека. В немалой степени этим негативным явлениям способствуют низкая эффективность реальных систем управления работой МСА, а также несовершенные методы их анализа и проектирования.

Анализ последних исследований. В настоящее время известны достаточно эффективные методы проектирования технических систем [1,2]. Такие методы базируются на стоимостном, системном и функциональном подходах.

Отправная идея последнего состоит в том, что для разработчика ценным является не сама система (средства) по себе, а те функции, которая она выполняет.

При таком методе (у пользователя расширяется творческое воображение, поскольку он абстрагируется от конкретного предметного подхода) система описывается не только структурой её частей, но и содержанием выполняемых ею функций. И новые эффективные решения для систем находят с целью выполнения требуемых потребителю функций наиболее экономично, т.е. с минимальной стоимостью.

Однако, ориентация только на стоимостные, системные и функциональные критерии нередко препятствует обоснованному принятию

*Научный руководитель: д.т.н., проф. Ю.А.Судник

© д.т.н. Судник Ю. А., асп. Гаврилин П. А.

решений, выбору наиболее перспективной концепции проекта с точки зрения его экологической безопасности и эксплуатационной надёжности систем.

Неучёт негативных последствий (для природы и человека) на этапе проектирования с ориентацией только на полезные функции способствует, как показывает практика, возникновению серьёзных экологических проблем на всех этапах жизненного цикла систем.

Формулирование целей статьи. Целью данной работы является разработка модели функционально-экологического анализа (ФЭА) технических систем.

Основная часть. Разработанная модель функционально-экологического анализа (ФЭА) технических систем (в частности, систем управления МСА) синтезируют принципы стоимости, системности, функциональности, структурности и экологичности.

Рассмотрим основные принципы ФЭА.

1. *Системный подход* предполагает рассмотрение системы как элемента надсистемы (системы более высокого порядка) и как системы, состоящей из подсистем (взаимосвязанных элементов);

2. *Функциональный подход* предполагает рассмотрение функций системы, её компонентов (элементов) с целью наиболее полного удовлетворения заданных требований

(включая работоспособность) и обеспечения эффективных (экономных) путей реализации функций.

3. *Экологический подход* к оценке степени влияния системы на окружающую среду, работоспособность и здоровье человека.

4. *Социально-экономический подход* предусматривает конкурентоспособность, оценку потребительских свойств системы с учётом затрат на разработку, производство и использование системы.

5. *Принцип соответствия полезности (вредности) функций* предполагает их соотнесение затратам на реализацию функций.

6. *Принцип коллективного творчества* предусматривает использование экспертных методов качественной и количественной оценок вариантов решений, а также методов поиска и принятия новых технических решений.

По сравнению с традиционными методами функциональный подход создаёт предпосылки для уточнения и дополнения существующей системы показателей качества систем, являющихся решающим фактором уровня их конкурентоспособности.

Рассмотрим социально - экономические последствия воздействия МСА на окружающую среду, работоспособность и здоровье человека.

1. Вредное влияние отработавших газов дизельного двигателя.

В атмосферный воздух такими двигателями выбрасывается огромное количество различного вида вредных веществ и их соединений. По количеству и токсикологическим показателям наибольший ущерб окружающей среде и человеку наносят: окись углерода (CO), двуокись углерода (CO_2), углеводороды (C_xH_y), окислы серы, окислы азота, твердые частицы (пыль, сажа), альдегиды.

Выброс в атмосферу токсичных продуктов сгорания от дизельных двигателей тракторов достигает 5 тыс. тонн в год. Так, максимальные суточные выбросы оксидов азота и серы, попадающих в атмосферу вместе с отработавшими газами двигателей тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин, составляют существенную долю общей массы выбросов промышленных предприятий этих веществ в атмосферу, и по отдельным загрязнениям (например, азот) намного превышают их суточные выбросы. Плотность таких оксидов (охлажденных), включая и углеводороды, бензопирен и др., существенно превышает плотность воздуха, в силу чего они оседают и сохраняются длительное время в почве.

По результатам расчетов на различных энергоемких операциях для тракторов МТЗ-80 и Т-150К концентрация загрязняющих веществ в слое (до 10 м) атмосферного воздуха над почвой существенно колеблется.

Содержание в воздухе (в зоне кабины водителя - оператора) оксидов углерода (II) ниже нормы (в 2-5 раз), в то время как оксида азота выше нормы (до 4 раз). Норматив содержания оксидов серы (в зоне кабины оператора) отсутствует.

Серьезный вред приносят загрязняющие вещества для растительности. Так, они могут вызывать у растений видимые острые и хронические (некроз тканей) и невидимые заболевания.

При наличии последних у растений накапливаются токсины, которые небезопасны при употреблении в пищу. Растения обладают гораздо большей чувствительностью, чем человек, к оксидам серы (в 25 раз), азота (в 4 раза), и практически не чувствительны к оксидам углерода. Многие из вредных примесей выхлопных газов, попадая в почву, образуют соединения, обладающие канцерогенными свойствами.

Ориентировочные разовые предельные допустимые воздушные концентрации вредных веществ составляют для оксидов азота - $1,25 \text{ мг/м}^3$, серы - $0,4 \text{ мг/м}^3$, что намного превышает расчетные величины соответствующих концентраций загрязняющих веществ, выбрасываемых тракторами в атмосферу.

По воздействию на человека компоненты выхлопных газов подразделяются на:

- токсичные (окись и двуокись углерода, окислы азота, серы, углеводороды, альдегиды);

- канцерогенные (бензопирен);
- ухудшающего действия (углекислый газ);
- раздражающего действия (акролеин, формальдегид, окислы серы, углеводороды);
- надоедающие (альдегиды, углеводороды, сажа, смолы, минеральные аэрозоли, частицы и испарения топлива, масел).

Влияние перечисленных компонентов отработавших газов на организм человека зависит от их концентрации в атмосфере и продолжительности воздействия. Окись углерода при вдыхании проникает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином - карбоксигемоглобин. Окись углерода реагирует с гемоглобином в 210 раз быстрее, чем кислород, что приводит к развитию гипоксии (кислородной недостаточности), признаками которой являются нарушения в центральной нервной системе, поражения тканей дыхательной системы, снижение остроты зрения и т. д. Увеличенные среднесуточные концентрации СО способствуют возрастанию риска сердечно-сосудистых заболеваний.

Негативное воздействие на здоровье и работоспособность человека наносят и другие компоненты выхлопных газов: окислы азота, сернистый ангидрид, акролеин, углеводороды, бензопирен, сажа.

2. Воздействие транспортного шума и вибраций. Источником шумов, различных звуков являются колеблющиеся твёрдые, жидкие и газообразные тела. Вибрации машин и механизмов возникают под действием периодических (вращающихся или возвратно-поступательно движущихся частей) или случайных возмущающих сил. Двигатель МСА является основным источником вибраций и внутреннего, и внешнего шума МСА.

Изменение частоты вращения коленчатого вала двигателя от минимально устойчивых до максимальных приводит к увеличению шума на 10 - 30 дБ. Увеличение же нагрузки на двигатель влечёт рост уровня интенсивности шума на 2- 3дБ.

Шум на организм человека проявляется воздействием на органы слуха, функции отдельных органов и систем (серечно-сосудистой, пищеварительной, эндокринной, мышечной, вестибулярного аппарата и др.), организм в целом (в частности, на высшую нервную деятельность и вегетативные системы).

Общая вибрация вызывает многочисленные функциональные изменения в организме человека и характеризуется состоянием основных нервных процессов в центральной нервной системе (возбуждения и торможения, реакцией со стороны сердечно-сосудистой системы (изменение сердечной деятельности), общим состоянием - утомлением, появлением болей и других симптомов (зуда, тошноты, ощущением тряски внутренних органов и др.).

Локальные вибрации опасны для развития вибрационной болезни, сопровождающейся спазмом кровеносных сосудов конечностей.

Вибрации и шум обычно приводят к снижению производительности труда. Установлено, что производительность труда снижается на 30 % при повышении уровня шума с 70 до 100 дБ, а процент брака увеличивается в течение рабочей смены, и тем интенсивнее, чем выше уровень шума.

Нормированные значения уровней шума и вибраций отражены в государственных и отраслевых стандартах, санитарных нормах (СанПиН) и строительных нормах и правилах (СНиП).

Уровни шума и вибраций МСА и интенсивность их составляющих изменяются в широких пределах и определяются:

- режимом работы двигателя и скоростью движения мобильного агрегата;
- мощностью двигателя и частотой вращения его коленчатого вала;
- особенностями микрорельефа поля;
- габаритными размерами МСА, конструкциями его силовой передачи и ходовой части;
- мастерством вождения;
- излучением акустической энергии панелями кузова, обшивки МСА (колебания панелей являются одним из источников инфразвука, особо опасного для водителей - операторов МСА).

3. Воздействие движителей. Серьезный вред почве наносит повышенное буксование движителей. Так, рост буксования приводит к нестабильным условиям, резкому снижению удельной тяговой силы (отношения тяговой силы к вертикальной нагрузке на колесо), разрушению структуры и распылению верхнего слоя почвы.

Уровень воздействия на почву движителей у большинства МСА значительно (в 2-3 раза) превышает допустимый, при этом нередко физические характеристики почв (определяющие их продуктивность) не восстанавливаются на протяжении нескольких лет. Глубина уплотненного слоя почвы достигает 0,4-0,6 м. Ежегодные потери урожая по этой причине только зерновых культур по стране достигают 10-15 млн. т. К тому же, увеличение плотности и твердости почв под воздействием движителей определяет соответствующий рост их вязкости и сопротивления резанию, а также возрастание непроизводительных энергозатрат на оборот пласта почвы и перемещение самого МСА.

Загрязнение почвы. Низкая надежность отдельных узлов с.-х. техники вызывает также существенное загрязнение окружающей среды. Так, неполадки гидравлических и топливных систем приводят к потере смазочных масел, рабочих жидкостей и топлив. Из-за аварийных и эксплуатационно-технологических разливов топлива и ма-

сел ежегодно загрязняется около 2 тыс. га пашни и теряется свыше 3 млн. тонн с.-х. продукции.

Предлагаемая модель функционально-экологического анализа систем управления режимами работы МТА синтезирует принципы стоимости, системности, функциональности и экологичности. Коэффициент экологичности таких систем определяется отношением суммы всех полезных к сумме всех вредных функций.

Важно отметить, что на различных этапах жизненного цикла ТС (этапы проектирования, эксплуатации до проведения ремонта, эксплуатации после проведения ремонта и др.) такой коэффициент по своей величине изменяется и, как правило, его проектируемое значение не соответствует значению на этапах эксплуатации до и после ремонта.

При реализации предлагаемого метода основным критерием адекватности затрат на осуществление требуемых функций является интегральная (для окружающей среды и человека) экологичность системы.

Основой анализа является построение функционально-экологической диаграммы, в которой совокупным затратам на полезные функции ставятся в соответствие показатели расплаты за ухудшение их экологичности.

Технология проведения ФЭА включает ряд этапов:

- целеполагания и постановки задачи;
- структурно-функционального анализа;
- анализа ресурсов;
- диагностического анализа;
- функционально-идеального моделирования и принятия решений.

Целеполагание и постановка задачи должны предопределить цель проектирования, название и условия использования ТС.

Структурно-функциональный анализ рассматривает взаимодействие и связи между компонентами ТС, а также совокупность выполняемых ими функций (абстрагируясь от вещественного воплощения последних).

Такой анализ позволяет построить структурную модель ТС в виде таблицы и графа взаимосвязей компонентов, корректно сформулировать их функции, определить их ранги, на основе чего сформировать функциональную модель ТС в виде причинно-следственных цепочек функций.

В ФЭА функции (позволяющие глубже и объективнее различить полезные и вредные действия компонентов ТС) выступают как сущности ТС, а различные технологии, конструкции, структуры, организации и т. п. - как формы их проявления. Функция - это центральное понятие в ФЭА.

На этом этапе анализ полезных и вредных действий ИС и её компонентов позволяет выявить ряд задач и сформулировать первичные предложения по увеличению коэффициента безопасности ТС.

Анализ ресурсов по функциям позволяет оценить качество выполнения компонентами своих функций путём сравнения фактических значений параметров, характеризующих эти функции, с имеющимися, требуемыми. Различают нормальный, избыточный и недостаточный ресурсы по функциям. Результатом анализа ресурсов является перечень задач и предложений по устранению недостатков, связанных с избыточным или недостаточным уровнем выполнения компонентами своих функций.

Диагностический анализ способствует оперативному нахождению в ТС нежелательных веществ, полей, потоков информации (негативно влияющих на природу и человека) и формулированию предложений по их устранению.

На этом этапе, как правило проводящимся экспертами, оценивается проблемная, экологическая значимость отдельных компонентов, недостатки которых существенно волнуют экспертов, а также определяется функциональная значимость каждого компонента в выполнение главной функции ТС, оценивается экологический вред компонентов с вредными функциями и находятся элементы с избыточным уровнем экологического вреда, а также определяются суммарная экологическая и стоимостная значимость компонентов.

На основе анализов экологической, функциональной и затратной значимостей строятся диагностические таблицы и диаграммы: функционально-экологические и функционально - стоимостные. Такие таблицы и диаграммы позволяют оперативно находить элементы ТС с большими и малыми уровнями экологического вреда, величинами их стоимости.

Функционально-идеальное моделирование является процедурой анализа, направленной на повышение идеальности и экологичности ТС за счёт эффективного выполнения её полезных функций с минимальными экологическим вредом и числом компонентов ТС.

При ликвидации компонента его функция либо также ликвидируется, либо передаётся оставшимся компонентам ТС или её надсистеме.

Результатом работы на этом этапе является построение функционально-идеальной модели и определение перечня наиболее значимых и отвечающим критериям первого этапа предложений, необходимых для реализации построенной совершенной функционально-идеальной модели ИС.

Выводы. Таким образом, реализация перечисленных этапов позволяет осуществить проектирование технической системы с макси-

мальным коэффициентом безопасности и оптимальными экологическими и экономическими характеристиками.

Метод ФЭА формализован, разработана его компьютерная версия, создан определённый объём базы данных (видов и результатов вредных воздействий, причин их появления, ресурсов и способов снижения влияния вредных эффектов, средств маскировки и предотвращения вредных воздействий, явлений, типовых ошибок и примеров построения экологических ТС) для моделирования таких систем. Метод прошёл успешную апробацию на системах управления режимами работы МСА.

Литература

1. *Богатов О.А.* Определение потребности в ремонте при различных стратегиях его проведения // Труды ГОСНИТИ / *О. А. Богатов, А.С. Гальперин, Л.С. Либов, И.В. Шишков.* – М.: ГОСНИТИ, 1974. – Т.39. – С. 30-39.

2. *Сушко О.В.* Підвищення ефективності ремонту дизелів транспортних засобів оптимізацією ремонтно-обслуговуючих дій : дис... канд. техн. наук / *О.В. Сушко.* – К. : [б. в.], 2007. – 167 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ МОБІЛЬНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ

Ю. А. Суднік, П. А. Гаврилин

Анотація - в статті викладені принципи і підходи в вирішенні проблеми моделювання екологічно безпечних мобільних сільськогосподарських агрегатів.

MODELLING ECOLOGICALLY SAFE MOBILE AGRICULTURAL UNITS

Y. Sudnik, P. Gavrilin.

Summary

In article principles and approaches in the decision of a problem of modelling of ecologically safe mobile agricultural units are stated.