

Т Р У Д Ы

Кубанского государственного
аграрного университета

Выпуск
№ 5(9), 2007

Редакционный совет

Экономика:

Барановская Татьяна Петровна (*математические и инструментальные методы экономики*); Бершицкий Юрий Иосифович (*экономическая теория, экономика и управление народным хозяйством*); Говдя Виктор Виленович (*бухгалтерский учет, статистика, финансы*)

Агрономия, лесное хозяйство и биологические науки:

Белюченко Иван Степанович (*экология*); Дорошенко Татьяна Николаевна (*агрочпочвоведение, агрофизика, плодородие, виноградарство*); Зазимко Михаил Иванович (*защита растений*); Малога Николай Григорьевич (*агрономия, селекция, семеноводство, растениеводство, агрохимия*); Найденев Александр Семенович (*общее земледелие*); Федулов Юрий Петрович (*биохимия, физиология, ботаника, биотехнология, биологические ресурсы*)

Зоотехнические и ветеринарные специальности:

Лысенко Александр Анатольевич (*ветеринария*);
Шербатов Вячеслав Иванович (*зоотехния*)

Инженерно-агропромышленные специальности:

Амерханов Роберт Александрович (*энергообеспечение предприятий*);
Бареев Владимир Иمامович (*строительство и архитектура*);
Богатырев Николай Иванович (*электрификация и автоматизация*);
Гумбаров Анатолий Дмитриевич (*мелиорация, рекультивация и охрана земель*);
Донченко Людмила Владимировна (*технология пищевых производств*);
Маслов Геннадий Георгиевич (*технологии и средства механизации, средства технического обслуживания*)

В издании рассматриваются проблемы научного обеспечения деятельности агропромышленного комплекса и других отраслей экономики. Журнал предназначен для ученых, преподавателей, аспирантов, студентов вузов и факультетов, слушателей курсов повышения квалификации, занимающихся проблематикой АПК.

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Решением Президиума ВАК
Министерства образования
и науки РФ от 30.11.2006 г. журнал
«Труды Кубанского
государственного аграрного
университета»
рекомендован для публикации
основных результатов диссертаций
на соискание ученой степени
доктора наук по инженерно-
агропромышленным специальностям;
агрономии и лесному хозяйству;
зоотехническим и ветеринарным
специальностям; биологическим
наукам. По экономике
рекомендован для опубликования
научных исследований
соискателей ученой
степени кандидата наук.

Учредитель:

Кубанский
государственный
аграрный
университет

Главный редактор:

Трубилин Александр Иванович

Зам. главного редактора:

Нечаев Василий Иванович

Редакционная коллегия:

Гайдук Владимир Иванович
(ответственный секретарь
и редактор)

Михайлушкин Павел Валерьевич
(выпускающий редактор);
Непшекуева Тамара Сагидовна
(ответственная за английскую
версию)

Адрес редакции:

ФГОУ ВПО «Кубанский ГАУ»,
350044, г. Краснодар,
ул. Калинина, 13,
корпус экономического
факультета, каб. № 214
e-mail: trudkubgau@kubagro.ru
Адрес Интернет-сайта:
www.kgau-works.ru

Литература

1. Амерханов Р.А., Богдан А.В., Бутузов В.А. Перспективы развития энергетики Краснодарского края при использовании возобновляемых источников энергии // Энергосбережение и водоподготовка № 3, 2005 г.

2. К.-Н. Remmers. Große Solaranlagen, Solaraxis, 2001

3. Нормы проектирования. Раздел «Установки солнечного горячего водоснабжения» ВСН 52-86 / Госгражданстрой СССР. — М., 1987

4. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок с использованием возобновляемых видов энергии. — М., Колосс, 2003

5. Бутузов В.А. Проектирование систем солнечного горячего водоснабжения. Анализ российского опыта и нормативных документов // Промышленная энергетика

6. Бутузов В.А., Брянцева Е.В., Потапова Е.А., Бутузов В.В. Разработка и испытания солнечно-топливной котельной // Промышленная энергетика № 7, 2005 г.

УДК 631.3.001.573

П.А. Гаврилин, соискатель

Российский государственный аграрный заочный университет

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Рассмотрены теоретические и практические аспекты использования методологии функционально-экологического проектирования (ФЭП) для анализа и модернизации мобильных сельскохозяйственных агрегатов (МСА). На основе исследования были предложены конкретные меры по улучшению экологических характеристик МСА.

Мобильный сельскохозяйственный агрегат (МСА) представляет собой сложную техническую систему, основной функцией которой является выполнение различных сельскохозяйственных операций. Изготовление, эксплуатация и утилизация МСА сопряжены со значительным негативным воздействием на окружающую среду и здоровье человека (операторов, иных сельхозработников, потребителей сельскохозяйственной продукции). На этапе эксплуатации выделяют следующие негативные воздействия: выбросы вредных веществ с отработавшими газами, уплотнение и разрушение структуры верхнего слоя почвы, аварийные разливы масел и топлив. Эти негативные воздействия вызывают деградацию почв, болезни растений. При работе МСА на оператора воздействуют повышенные уровни шума и вибрации. Анализ МСА с точки зрения экологии затрудняется значительным количеством неопределённых параметров и вероятностных процессов. В связи с этим при создании новых и модернизации старых МСА инженеры и ис-

следователи не могут полагаться, как прежде, на метод проб и ошибок, так как цена каждой ошибки слишком высока.

В данной ситуации эффективным оказывается функциональный подход к проектированию и анализу технических систем, что нашло своё отражение в нормативной документации. ГОСТ Р ИСО 14041-2000 гласит, что «при определении области исследования оценки жизненного цикла должны быть чётко сформулированы требования к функциям (функциональным характеристикам) продукции» [1, с. 5]. ГОСТ Р 21750-2001 развивает эту мысль: «Эффективным инструментом разработки энергосберегающих систем является функционально-экологическое проектирование (далее — ФЭП), синтезирующее принципы функциональности и экологичности (для природы и человека) систем. При проведении ФЭП основным критерием адекватности затрат на осуществление требуемых функций является экологичность системы и ее элементов, характеризующихся рядом показателей» [2, с. 2].

ФЭП при создании новых и модернизации старых технических систем исходит из двух законов:

- важна не сама техническая система как объект, а функции, которые она выполняет;
- идеальной является та техническая система, в которой достигнуто полное соответствие между функциями и структурой [3, с. 33].

С учетом этих законов и требований вышеупомянутых стандартов была разработана прикладная методика ФЭП, с помощью которой был проведен анализ трактора К-700 «Кировец» с точки зрения экологии и путей его усовершенствования.

ФЭП МСА был проведен в четыре последовательных этапа: информационно-подготовительный, аналитический, поисково-исследовательский, этап разработки и внедрения.

На информационно-подготовительном этапе были определены конкретные задачи по ведению ФЭП, составлен рабочий план проведения

ФЭП, утвержден состав рабочей группы, собрана и систематизирована информация об объекте исследования, исследованы условия эксплуатации и т.д.

На аналитическом этапе были построены структурно-функциональная и функционально-идеальная модели объекта. Для этого для каждого анализируемого элемента структурной модели МСА была сформулирована функция, а также идеальный вариант реализации функции (рис. 1).

Значимость функций была определена с помощью метода расстановки приоритетов (парных сравнений), основанного на особых формах экспертизы и матричной записи. Эксперты высказывали свои суждения путём парных сравнений вариантов по каждому из частных критериев с использованием шкалы словесных определений уровня значимости (таблица 1) [4, с. 116].



Рис. 1. Структурная модель МСА

Таблица 1

Шкала относительной значимости

№№ п/п	Уровень значимости	Количественное значение
1	Равная значимость	1
2	Умеренное превосходство	3
3	Существенное или сильное превосходство	5
4	Значительно (большое) превосходство	7
5	Очень большое превосходство	9

Коэффициенты значимости вычисляются по формуле:

$$K_i = \sqrt[n]{a_{ij}} \quad (1)$$

где n – размер матрицы сравнений; a_{ij} – количественное значение уровня значимости i -ой функции по отношению к j -ой.

В таблице 2 представлена матрица сравнений для определения значимости функции.

Так как каждый элемент структурно-функциональной модели МСА увязан с соответствующими материальными носителями и потоками вещества, энергии и информации между ними (рис.1), можно оценить экологический ущерб от реализации каждой функции.

В данном случае была использована специально разработанная экспертная методика определения класса экологического ущерба технической системы (таблица 3). По данной методике каждому виду вредного воздействия (потоку), исходя из числовых параметров, присваивается один из 6 классов: оптимальный (нулевой класс), допустимый (первый), 1-й вредный (второй), 2-й вредный (третий), 3-й вредный (четвёртый), 4-й вредный (пятый), опасный (шестой), а затем происходит суммирование по определённому алгоритму [5, с. 44].

Сопоставительный анализ значимости функции и экологического ущерба с последующим построением функционально-экологической диаграммы позволил сформулировать задачи совершенствования объекта на последующих этапах ФЭП.

Анализ МСА показал, что отношение экологического ущерба к значимости функции самым большим является для функции «вырабатывать энергию».

На поисково-исследовательском этапе с помощью теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) были выработаны идеи и предложения по реализации функции «вырабатывать энергию» и совершенствованию МСА.

ТРИЗ опирается на следующие фундаментальные принципы:

– ключ к решению проблем – выявление и устранение системного противоречия;

– изобретательских задач бесчисленное множество, а типов системных противоречий сравнительно немного;

– существуют типичные системные противоречия, и существуют типовые приёмы их устранения [6, с. 56].

Согласно матрице выбора приёма устранения технических противоречий ТРИЗ, для улучшения параметра «Вредные факторы самого объекта» дизельного двигателя были предложены следующие приёмы [6, с. 371]:

№ 2. *Вынесение*: отделить от объекта «мешающую» часть («мешающее» свойство) или, наоборот, выделить единственно нужную часть или нужное свойство.

№ 15. *Динамичность*: характеристики объёма (или внешней среды) должны меняться так, чтобы быть оптимальными на каждом этапе работы.

№ 33. *«Обратить вред в пользу»*: использовать вредные факторы (в частности, вредное

Таблица 2

Матрица сравнений для определения значимости функции

№№ п/п	Функция	Ф1	Ф2	Ф3	Ф4	Коэффициент значимости К	Значимость функции W
1	Ф1 «Выполнять технологическую операцию»	1	1/3	5	5	1,70	0,32
2	Ф2 «Вырабатывать энергию»	3	1	3	5	2,59	0,48
3	Ф3 «Обеспечивать движение за счет сцепления с почвой»	1/5	1/3	1	5	0,76	0,14
4	Ф4 «Защищать оператора от внешних воздействий»	1/5	1/5	1/5	1	0,30	0,06

Таблица 3

Определение классов экологического ущерба основных функций МСА

Элемент	Функция	Значимость функции	Поток	Направленность потока	Описание потока	Нормы	Класс потока	Класс элемента				
Рабочий орган	Выполнять технологическую операцию	0,32	Вибрация	Кабина оператора	Согласно исследованиям превышение в 3-4 раза, доля рабочего органа незначительна	ГОСТ 12.2.019-86	2	2				
									Пыль	Согласно исследованиям превышение в 3 раза	<10 мг/м ³ при содержании SiO ₂ < 2%	2
			Отходы производства	Окружающая среда	Возможно вторичное использование		1					
Двигатель	Вырабатывать энергию	0,48	Продукты сгорания	Кабина оператора	Согласно исследованиям превышение в 3 раза	< 20 мг/м ³ – CO < 5 мг/м ³ – NO _x < 300 мг/м ³ – C _n H _m <100 мг/м ³ – пары бензина	2	5				
									Вибрация	Согласно исследованиям превышение в 3-4 раза	ГОСТ 12.2.019-86	4
			Вибрация	Ходовая часть	Существенного негативного воздействия на окружающую среду не оказывает	-	0					
									Масса	Общий вес трактора 13 100 кг Масса двигателя 2 600 кг	-	2
			Продукты сгорания	Окружающая среда	6 г/кВт·ч 11 г/кВт·ч 1,1 г/кВт·ч	< 4 г/кВт·ч – CO ₂ < 9 г/кВт·ч – NO _x <1,5 г/кВт·ч – C _n H _m	4					
									Шум	87 дБ на 50-100 Гц 110 дБ на 300 Гц	85 дБА	3
			Аварийные разливы топлива и масла	Параметр зависит от качества эксплуатации и ТО		2						

Продолжение таблицы 3

Элемент	Функция	Значимость функции	Поток	Направленность потока	Описание потока	Нормы	Класс потока	Класс элемента
Ходовая часть	Обеспечивать движение за счет сцепления с почвой	0,14	Вибрация	Кабина оператора	Согласно исследованиям превышение в 3-4 раза, доля рабочего органа незначительна	ГОСТ 12.2.019-86	2	4
			Пыль		Согласно исследованиям превышение в 3 раза	<10 мг/м ³ при содержании SiO ₂ < 2%	2	
			Разрушение почвы	Окружающая среда	Общий вес трактора 13 100 кг, движители несовершенны	-	4	
			Уплотнение почвы					
Кабина оператора	Защищать оператора от внешних воздействий	0,06	Масса	Ходовая часть	Общий вес трактора 13 100 кг	-	2	2

воздействие среды) для получения положительного эффекта.

Данные приёмы были преобразованы в следующие конкретные предложения:

- *Вынесение*: использовать электрические и механические аккумуляторы энергии с вынесением источника энергии в промышленные зоны на безопасное расстояние от сельхозугодий;

- *Динамичность*: с помощью средств автоматизации поддерживать внешнюю для двигателя характеристику «расход топлива» такой, чтобы обеспечивать наиболее экологичный режим сгорания топлива;

- *«Обратить вред в пользу»*: использовать поток «отходы производства» в качестве топлива для двигателя МСА.

При более детальном анализе на этапе разработки и внедрения на основе выводов научных трудов [7] был обоснован выбор автоматизации режимов работы дизельного двигателя МСА как самое перспективное на данный момент направление модернизации МСА.

Хотя можно с достаточной степенью уверенности утверждать, что самый кардинальный путь уменьшения выбросов в атмосферу при реализации энергетической функции МСА – это использование биотоплива (биометанол, биоэтанол, биодиметилэфир), получаемого из биомассы (в первую очередь – из отходов сельскохозяйственного производства), очевидно, что на данный момент этот способ нельзя считать идеальным с точки зрения экономического и технологического параметров, так как биотопливо не производится в достаточных количествах, и внедрение его использования потребует больших первоначальных экономических вложений

и разработки новых технологий. Использование электродвигателей, работающих на аккумуляторах, при оценке полного жизненного цикла топлива за счёт стадии производства электроэнергии на ТЭС является не менее вредным для окружающей среды, чем использование обычных дизельных двигателей.

Дизельный двигатель, с точки зрения экономики и технологии, имеет преимущество, так как налажено его серийное производство, а топливо к нему легкодоступно и производится в достаточном количестве для обеспечения нужд экономики. Поэтому целесообразнее решить задачу снижения выбросов дизельного двигателя, для чего необходимо обеспечить такие режимы его работы, при которых концентрация вредных веществ в отработавших газах будет минимальной.

Токсичность отработанных газов дизельных двигателей определяется в основном 0,1-1% их объёма. К токсичным относятся вещества, которые образуются в результате термического синтеза воздуха при высоких температурах (оксиды азота NO_x) и продукты неполного сгорания топлива (оксид углерода CO, углеводороды CН_x, твёрдые частицы), а также оксиды серы, альдегиды, продукты конденсации и полимеризации.

Оксиды азота занимают первое место среди вредных веществ отработанных газов вне зависимости от типа, класса, размерности и конструктивных особенностей дизельных двигателей. Образование оксида азота происходит в первой фазе сгорания до момента достижения максимальной температуры сгорания. Доля оксидов азота в суммарных токсичных выбросах составляет 30-80%, а по массе – 60-90%.

Результаты токсикологических испытаний дизелей в зависимости от изменения нагрузки и частоты вращения коленчатого вала показали, что с точки зрения экологичности есть необходимость удержания мощности дизеля в интервале 0,92-0,95 от номинального значения [8, с. 105], что и должно являться программой функции управления дизельного двигателя.

На этапе разработки и внедрения были конкретизированы предложения по автоматизации МСА, подготовлено техническое задание для реализации этих предложений.

В эксплуатационных условиях изменения внешней нагрузки на дизель носят вероятностный характер, и эффективная мощность отклоняется от зависимостей, полученных при статических нагрузках. Значение этого отклонения зависит от величины нагрузки и амплитуды её колебаний. Чем больше амплитуда колебаний нагрузки, тем меньше математическое ожидание эффективной мощности двигателя $M(N_e)$. МСА как динамическая система в условиях вероятностного характера внешней нагрузки оказывает влияние на энергетические показатели двигателя, усиливая или ослабляя амплитуду колебаний процессов на его валу. Кроме того, переменная составляющая внешней нагрузки обуславливает дополнительные потери энергии в узлах диссипации [9, с. 163].

Математическое ожидание эффективной мощности дизельного двигателя определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
 [M(N_e)](\omega) = & 0,5[7830 \times \bar{\Omega}_k - \\
 & 5,367 \times \bar{\Omega}_k^2 - 2,6835 \times \Omega^2(\omega)] - \\
 & \pi^{-1}[19,905 \times \bar{\Omega}_k - 4,998 \times \bar{\Omega}_k^2 - \\
 & - 2,494 \times \Omega^2(\omega)] \times \arcsin[(\Omega_n - \bar{\Omega}_k) \\
 & / \Omega(\omega)] - (4,998 / 2\pi)(3\bar{\Omega}_k \\
 & - \Omega_n) \sqrt{\Omega^2(\omega) - (\Omega_n - \bar{\Omega}_k)^2},
 \end{aligned} \quad (2)$$

— где N_e — эффективная мощность двигателя; $\bar{\Omega}_k$ — фиксированное значение скорости вращения вала двигателя; Ω_n — номинальное значение скорости вращения вала двигателя.

Из приведённой зависимости видно, что, контролируя скорость вращения вала двигателя,

мы имеем возможность удерживать мощность двигателя в требуемом диапазоне и таким образом значительно повысить его экологичность.

Проведённое ФЭП позволило провести анализ МСА в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 14000 и показало эффективность данной методологии при анализе и модернизации существующих МСА, так как позволило обоснованно выделить наиболее перспективные направления модернизации МСА, с точки зрения охраны окружающей среды и здоровья человека.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО 14041-2000 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. — 20 с.
2. ГОСТ Р 51750-2001 Энергосбережение. Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. Общие положения. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2001. — 16 с..
3. *Половинкин А.И.* Теория проектирования новой техники: закономерности техники и их применение. — М.: Информэлектро, 1991. — 104 с.
4. *Ларичев О.И.* Теория и методы принятия решений. — М.: Университетская книга, Логос, 2006. — 392 с.
5. *Гаврилин П.А.* Функционально-экологическое проектирование энергосберегающих систем // Энергосбережение, 2007, №4, с.43-45.
6. *Орлов М.А.* Основы классической ТРИЗ. — М.: СОЛОН-Пресс, 2005. — 416 с.
7. *Звонов В.А., Козлов А.В., Теренченко А.С.* Экология: альтернативные топлива с учётом их полного жизненного цикла // Автомобильная промышленность, 2001, №4, с.10-12.
8. *Федоров П.В., Трофимов С.В., Шерешов П.И.* Мониторинг загрузки дизеля при управлении землеройно-транспортной машиной. М.: ВТУ, 2003 — 119 с.
9. *Юсупов Р.Х.* Определение энергетических показателей дизель-электрических установок с учётом их динамических характеристик // Известия академии наук. Энергетика, 1998, №1, с.163-167.