

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Левина Максима Юрьевича «**Совершенствование методов и технических средств для снижения потерь моторного топлива при хранении**», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Актуальность темы диссертации

Повышение эффективности использования светлых нефтепродуктов, представляющих собой многокомпонентную смесь углеводородов различного состава и строения, является важнейшей задачей энергетической стратегии каждой страны, главными факторами которой являются энергосбережение и повышение экологической безопасности. Потери углеводородов от испарения с последующим выбросом их паров из резервуаров в окружающую среду (полностью не устранимые на современном этапе развития технологий и технических средств их хранения) происходят в результате больших (при опорожнении и наполнении резервуаров) и малых (в процессе хранения при суточных колебаниях температуры) «дыханий» резервуаров. Возникающий при этом ущерб состоит не только в уменьшении топливных ресурсов и, как следствие, снижении финансовых показателей предприятий, использующих собственные резервуарные парки, но и в отрицательных экологических последствиях, которые являются результатом загрязнения окружающей среды. Несмотря на широкий выбор предлагаемых технических средств, позволяющих сокращать технологические потери, до сих пор работа в этом направлении требует продолжения, а выполнение исследований с целью совершенствования методологии учета технологических потерь, наряду с повышением эффективности методов и средств их уменьшения, продолжает долгие годы оставаться актуальной научной проблемой.

До сих пор не выработан единый подход к порядку определения качественного и количественного состава технологических потерь от испарения углеводородов при хранении, что приводит к разногласиям при оценке фактических потерь энергоносителей. Пока для определения фактических безвозвратных потерь углеводородов используется расчетный метод, разработанный для резервуаров большой вместимости (более 1000 м³) вертикального типа, требующий серьезной корректировки. Характерной особенностью резервуаров указанного типа является, во-первых, неизменность по всей его высоте площади поверхности раздела фаз, то есть независимо от уровня заполнения емкости свободная поверхность раздела фаз «жидкость – газ» остается постоянной. Во-вторых, значительная масса хранимого топлива, а, следовательно, большая тепловая инерция, характеризующая способность сопротивляться изменению температуры за определенное время.

Основным отличием цилиндрических резервуаров наземного исполнения горизонтального типа малой вместимости (до 75 м³), широко применяемых в АПК, является, во-первых, переменная площадь поверхности раздела фаз при изменении уровня светлых нефтепродуктов в резервуаре. Во-вторых, незначительная, по сравнению с резервуарами вертикального типа, тепловая инерция, играющая важную роль в этой системе, поскольку величина технологических потерь от испарений из резервуаров, зависит от многих факторов, но прежде всего от температуры хранения.

Указанные отличия резервуаров вертикального и горизонтального типов обуславливают большие погрешности (в два и более раз) при определении потерь углеводородов, хранимых в резервуарах малой вместимости, расчетным путем.

Выполняя оценку актуальности темы диссертации М.Ю. Левина необходимо отметить, что по своей цели, задачам, достигнутым результатам и защищаемым положениям она полностью соответствует приоритетному направлению развития науки, технологий и техники в Российской Федерации «Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика».

Актуальность темы диссертации определяется направлением исследований в рамках критических технологий РФ, связанных с проблемами энергосбережения в промышленном и сельскохозяйственном производстве.

Автором выделен недостаточно изученный раздел этой проблематики, связанный с особенностями протекания процессов испарения, окисления и осадкообразования, тесно связанных между собой и обуславливающих изменение фракционного, химического и фазового состава топлив при их хранении в резервуарах наземного типа малой вместимости, в условиях возможного синергетического эффекта взаимодействия легких и тяжелых компонентов углеводородов.

Таким образом, трудности, возникающие при исследовании нестационарного тепло- и массопереноса при одновременном протекании различных химических реакций и эффектов в рассматриваемой системе, отсутствие общепризнанной теории испарения углеводородов при их хранении и технических средств для предотвращения потерь углеводородов от испарения требуют проведения дополнительных фундаментальных исследований для более полного раскрытия физической сущности механизма процесса испарения углеводородов с целью предупреждения выброса этих паров из резервуара в окружающую среду.

По этим причинам тема диссертации М.Ю. Левина, целью которой является решение научной проблемы снижения количественных и качественных потерь углеводородов при их хранении в резервуарах наземного исполнения горизонтального типа малой вместимости, безусловно, актуальна и направлена на решение важной народно-хозяйственной проблемы.

Научная новизна

Научная новизна работы представляется вполне обоснованной, что подтверждается результатами, полученными М.Ю. Левиным. Новизна подтверждается публикациями статей автора по тематике диссертации в ведущих научных журналах, входящих в список изданий, рекомендованных ВАК РФ для публикации материалов докторских диссертаций. Наиболее значимы для науки следующие результаты:

- разработанная математическая модель процессов переноса в системе «воздух-светлые нефтепродукты» в условиях непрерывно изменяющейся площадью зеркала испарения;
- установленная зависимость температуры холодного потока от количества ступеней и давления на входе в вихревой модуль;
- разработанный метод оценки эксплуатационных показателей топлива в процессе его хранения с применением нейронных сетей;
- разработанный метод построения каскада нейронных сетей для оценки объема испарившегося топлива с последующим выбросом парогазовой смеси из резервуара в атмосферу.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных автором диссертации результатов основных защищаемых положений и выводов обусловлена, в первую очередь, логикой постановок задач, выбором методов их решения, верификацией моделей и методов решения задач. Математические модели, сформулированные автором диссертации для описания исследованных им процессов, являются следствием фундаментальных законов сохранения массы, импульса и энергии.

М.Ю. Левиным выполнен подробный анализ проблем эксплуатации резервуарного парка для хранения моторных топлив. Это позволило выявить основные значимые факторы и процессы, влияющие на интенсификацию тепло- и массопереноса, а, следовательно, и на испарение углеводородов хранимого топлива. Автором разработаны алгоритмы и программы решения на ЭВМ большей части задач диссертации. Также в ряде случаев использовались современные пакеты прикладных программ. Ряд результатов математического моделирования, полученных автором, прошел проверку при сравнении с немногочисленными известными экспериментальными данными.

Автор диссертации с целью обоснования достоверности результатов исследований провел комплекс экспериментов, результаты которых использовались в дальнейшем. Таким образом, достоверность и обоснованность полученных автором результатов не вызывает сомнений, поскольку в работе применялись проверенные компьютерные программы при проведении инженерных вычислений, численное моделирование, обработка и визуализация результатов измерений, общепринятые законы кинематики и гидродинамики вихревых течений, термодинамики, процессов тепло- и массопереноса.

Полученные автором экспериментальные данные соответствуют общепринятым положениям, опубликованы в авторитетных изданиях и апробированы на международных и всероссийских научных конференциях.

Выводы, сформулированные по результатам работы, полностью соответствуют поставленным задачам. Достоверность полученных результатов подтверждена также в условиях эксплуатируемых резервуаров восьми различных предприятий и хозяйств, где исследовалась эффективность разработанных мер.

Результаты исследований получены автором лично, что подтверждается актами внедрения, публикациями, патентом и свидетельством о государственной регистрации программ для ЭВМ, апробацией на международных конференциях.

Практическая значимость

Практическая значимость работы во многом определяется тем, что они позволяют на высоком уровне проводить опытно-конструкторские работы в сфере энергосберегающих технологий при проектировании, реконструкции или модернизации систем хранения моторного топлива. В диссертации достаточно убедительно проведено научное обоснование возможности минимизации потерь углеводородов в условиях реальной эксплуатации энергосберегающих систем хранения энергоносителей.

Результаты работы Левина М.Ю. нашли практическое применение в организациях различных форм собственности. Возможно дальнейшее использование результатов работы с целью снижения потерь углеводородов при их хранении и уве-

личении ресурса эксплуатации резервуарных парков не только в АПК, но и в ТЭК и других отраслях.

Краткая характеристика основного содержания работы

Диссертация М.Ю. Левина состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 358 наименований, 10 приложений. Основной текст диссертации содержит 281 страницу, в том числе 78 таблиц и 102 рисунка.

Автореферат диссертации представлен на 38 страницах, включая в себя общую характеристику работы, основное содержание работы, общие выводы и список работ, опубликованных автором по теме диссертации из 46 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, определены цель и задачи исследования. Сформулирована научная новизна, показана теоретическая и практическая значимость, представлены источники апробации результатов, личный вклад автора, достоверность результатов исследования, определены объект и предмет исследования, а также общие положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ технического состояния резервуарного парка для хранения моторного топлива на сельских нефтескладах. Выявлено влияние изменения физико-химических показателей моторного топлива в процессе хранения на работоспособность сельскохозяйственной автотракторной техники. Установлены причины изменения свойств моторных топлив при хранении и приведена их классификация. Представлена динамика изменения свойств моторного топлива от испарения и от содержания воды при его хранении. Выполнен сравнительный анализ эффективности существующих методов сокращения потерь углеводородов от испарения и возможность использования их для резервуаров сельских нефтескладов. При проведении анализа автором учтены как отечественные, так и зарубежные источники. Даны общие выводы по главе.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям физико-химических процессов, протекающих при хранении моторных топлив. Выявлены основные факторы, влияющие на интенсивность испарения углеводородов, приведены тепловые и термодинамические расчеты, проведено научное обоснование новых эффективных методов предупреждения потерь моторного топлива при хранении. Проведенный термодинамический анализ процессов, происходящих при хранении моторного топлива, показал, что процессы испарения, окисления и осадкообразования тесно связаны между собой и могут привести к изменению фракционного, химического и фазового состава топлив. Это, в свою очередь, приводит к ухудшению качества топлив в процессе хранения. Приведены выводы по главе.

В третьей главе научно обоснованы параметры и режимы устройств, использованных для снижения потерь углеводородов, показаны преимущества конденсации паров углеводородов и воды за счет использования эффекта Ранка-Хилша, предложены пути увеличения интенсивности охлаждения входного потока в вихревых трубах. Впервые автором предложены пути цифровой трансформации нефтесклада АПК в «умный» нефтесклад, предложена концепция «умного» нефтесклада, разработаны метод интеллектуального управления резервуарным парком на базе нейронных сетей. В завершении раздела приведены выводы по главе.

В четвертой главе приведены основные этапы и методики проведения экспериментов, рассмотрены установки, измерительные приборы и оборудование. Методики последовательно обосновывают проведение исследований в лабораторных

условиях. Рисунки, схемы, общие виды установок, применяемое исследовательское оборудование дают ясное представление о методах выполнения экспериментов, их оценке, достоверности.

В пятой главе проведен анализ полученных экспериментальных данных, их математическая обработка, проверка корректности теоретических предпосылок, отработка основных конструктивно-режимных и технологических параметров вихревого модуля. В конце главы даются выводы и рекомендации.

В шестой главе выделены три стадии испарения. Приведено обоснование необходимости разработки метода прогнозирования нейронной сетью количества испарившегося топлива при хранении, сформирован перечень критериев для построения и обучения нейросетевой модели. Для расчета количества испарившегося топлива разработан метод построения каскада нейронных сетей, который предполагает взаимодействие с облачным хранилищем и виртуальными датчиками. Показаны преимущества разработанного метода оценки качества топлива при хранении с применением нейронной сети. В конце главы приведены выводы.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы диссертационной работы. Здесь четко и вполне обоснованно характеризуются результаты, полученные автором диссертационной работы. При этом соискатель достаточно корректно использует научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Для достижения поставленных целей выполнены все задачи исследования.

Апробация работы и публикации

Работа прошла широкую апробацию. Основные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на многочисленных Международных научных конференциях.

Результаты работы опубликованы автором в одной монографии, 45 статьях, автором получен один патент и одно свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Замечания по диссертационной работе

1 В чем заключается «Метод моделирования процесса хранения топлива в наземных горизонтальных резервуарах с применением нейронной сети»?

2 В работе указано, что для умного нефтесклада необходимо применять BigData. Однако нет подробного описания данной технологии и в чем ее отличие от классических баз данных.

3 В работе описана автоматизация резервуарного парка и приведена концепция умного нефтесклада. Требуются дополнительные пояснения, для чего необходимо отказываться от установки датчиков на резервуары и применять нейронные сети в качестве виртуальных датчиков.

4 В работе применены персептронные нейронные сети для решения задач прогнозирования. В подразделе 6.3 отмечено, что «Применение многослойной персептронной нейронной сети показало значимый результат в решении практических задач по прогнозированию», однако не приведено достаточного обоснования данного вывода, а именно: решение каких задач, почему тип рассматриваемой сети именно персептронный.

5 Одним из недостатков применения нейронной сети является то, что нейронную сеть нельзя последовательно обучить нескольким задачам — на каждой новой

обучающей выборке все веса нейронов будут переписаны, и прошлый опыт будет «забыт». Что произойдет при масштабировании резервуарного парка (добавление новых резервуаров различной емкости, изменение географии и тд)? Необходимо заново настраивать нейронную сеть и создавать умный нефтесклад? Просьба пояснить, как в работе решена данная проблема.

6 Главная проблема применения нейросетей — переобучение. Она заключается в том, что сеть «запоминает» ответы вместо того, чтобы улавливать закономерности в данных. Это приводит к точным расчетам модели на обучающей выборке и к большим погрешностям на других данных. В работе не приведено решение данной проблемы, необходимо было бы привести методы, которые использовал автор для ее решения.

7 Одна из ключевых проблем внедрения ИИ в промышленности – это цена ошибки. Если «умный нефтесклад» выдаст неправильную рекомендацию по изменению технологического режима нефтехозяйства, последствия могут касаться жизни и здоровья людей. Внедрять ИИ необходимо осторожно, силами специалистов, обладающими пониманием не только методов машинного обучения, но знанием производственных процессов и методологий внедрения технологий. Таких специалистов не хватает на рынке труда, что делает проблему еще более острой.

8 Некоторые замечания относятся к оформлению текста диссертации:

- на стр. 85 в обозначении формулы 2.49 указана размерность давления в м^3 ;
- на стр. 86 в обозначении формулы 2.54 не приведена размерность концентрации насыщенных паров углеводородов.

9 На стр. 87 в таблицах 2.5 и 2.6 следовало бы привести марку бензина, используемого в экспериментах.

10 На стр. 90 говорится о возможности использования отношения объемов газовой и жидкой фаз, но в предыдущем тесте диссертации не приведено обоснование необходимости перехода к рассмотрению объемов.

Отмеченные недостатки не снижают высокий уровень диссертационного исследования и не влияют на общую оценку научного уровня диссертации, ее научной новизны и практической значимости.

Оценивая диссертацию в целом, необходимо отметить, что диссертация, выполненная Левиным М.Ю., является цельным, логически завершенным научным исследованием, оформлена в соответствии с требованиями ВАК РФ, ее содержание достаточно информативно, ее построение в целом классическое.

Структура и объем диссертации соответствуют требованиям, предъявляемым к работам, представленным на соискание ученой степени доктора технических наук.

Текст диссертации изложен последовательно, логично и технически грамотно, результаты исследований проанализированы и научно обоснованы, наглядно интерпретированы с помощью графиков, схем, таблиц.

Основные положения диссертации достаточно полно отражены в сорока шести опубликованных научных работах. В диссертации Левина М.Ю. на тему «Совершенствование методов и технических средств для снижения потерь моторного топлива при хранении» отсутствует заимствованный материал без ссылок на авторов и источники заимствования. Работа написана ясным и понятным языком, публикации отражают суть выполненных исследований, а также полученные результаты.

Содержание работы соответствует паспорту специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, а именно пунктам:

Виктор Федорович Хлыстунов

ФИО:	Рыков Виктор Борисович
Ученая степень (специальность, по которой защищена докторская (кандидатская) диссертация и год присвоения уч. степени)	доктор технических наук (05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, 2001г.)
<i>При наличии</i> Ученое звание	Старший научный сотрудник
<i>При наличии</i> Должность, структурное подразделение	Главный научный сотрудник отдела механизации растениеводства
Полное название организации	Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской» структурное подразделение «Северо-кавказский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» (ФГБНУ «АНЦ «Донской») структурное подразделение «СКНИИМЭСХ»
Почтовый адрес: индекс, город, улица, дом Контактные телефоны, e-mail	347740 г. Зерноград, Ростовской области, ул. им. Ленина, 14 тел. 8(863-59) 42-7-89, 8-928-108-03-52 E-mail: rikovvb@gmail.com E-mail: vnptim@gmail.com