



## ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»  
на диссертацию *Хуснутдинова Дамина Зинфировича*  
«Синтез систем управления мобильными двухзвенными транспортными  
механизмами, функционирующими в условиях неопределенности»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка  
информации (промышленность) в диссертационный совет Д 212.217.03 на базе  
ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»

### Актуальность темы диссертации

Диссертация Хуснутдинова Д. З. посвящена вопросам повышения  
управляемости двухзвенных гусеничных транспортных механизмов, которые  
широко используются в районах Крайнего Севера, в частности, при обслуживании  
нефтяных и газовых промыслов.

Сложность управления такими механизмами связана с габаритами,  
наличием движущих механизмов на каждом звене, большой инерционностью  
машины. В связи с этим для повышения качества управления необходимо  
использовать современные подходы, связанные, в первую очередь, с разработкой  
прогностических моделей и алгоритмов управления на их основе.

Результаты выполненного автором исследования направлены на разработку  
более эффективных систем управления, которые осуществляют поддержку  
действий водителя и могут служить основой для управления гусеничной машиной  
в беспилотном режиме. Разработки были приняты к использованию в АО «МК  
«Витязь».

В связи с изложенными обстоятельствами актуальность темы  
диссертационной работы не вызывает сомнений.

### Основное содержание диссертации

В первой главе рассмотрены проблемы управления движением двухзвенных  
транспортных механизмов (ДТМ) на плоскости и результаты исследований  
динамических механизмов, схожих с теми, которые относятся к тематике  
диссертации. Проанализированы методики формирования имитационных моделей  
движения двухзвенных транспортных механизмов и алгоритмов управления ими.  
Выполнен анализ технических характеристик двухзвенного гусеничного

транспортного механизма типа «Витязь», описаны особенности поворотно-цепного устройства и гидравлического рулевого устройства. Поставлены цель и задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена разработке методики построения и модификации модели мобильного ДТМ как объекта управления, а также формулированию общего подхода к построению системы управления его движением.

Отмеченная модификация связана с тем, что автор предлагает переход от исходного традиционного описания процесса движения ДТМ к упрощенному описанию, что позволяет существенно снизить сложность исследуемых имитационных моделей без заметной потери точности. При этом осуществляется декомпозиция модели движения транспортного механизма на две составляющие. Первая из них представляет собой вращательное движение звеньев ДТМ относительно друг друга (горизонтальное складывание), управляемое гидравлическим рулевым приводом. Вторая составляющая представляет собой абсолютное движение ДТМ в виде поступательного движения двух его сочлененных кинематических звеньев на плоскости. Подобная декомпозиция возможна вследствие специфики конструкции транспортного механизма и благодаря тому, что все четыре гусеницы - ведущие.

В работе предложено для таких сложных транспортных механизмов, как ДТМ, применять децентрализованные системы управления. В их состав вводятся две подсистемы, причем в каждой из них присутствуют динамические регуляторы, структура и параметры которых выбираются из соображений качества и точности управления, и блоки интеллектуальной поддержки реакций на неопределенность, вызванную непредсказуемым появлением возмущений. Алгоритмы интеллектуального реагирования на возмущения предлагается основывать на использовании принципов нечеткой логики.

В третьей главе разрабатываются структуры и выбираются параметры систем управления движением ДТМ. Для обеспечения необходимых динамических свойств систем в их составе предусмотрены ПИД-регуляторы. Введены дополнительные обратные связи для рулевого привода и характеристики движения транспортера в целом. Кроме того, в главе рассмотрено управление транспортным механизмом при возникновении заранее не предсказуемых возмущений (возможные последствия обрыва гусениц, действия силы течения воды при преодолении водных преград, пробуксовки и т.д.), что создает ситуацию с неопределенностью. Компенсация возмущений осуществляется специализированными интеллектуальными блоками, в основу действия которых положены правила нечеткой логики. При формировании их алгоритмов функционирования используется экспертная информация.

Четвертая глава посвящена различным аспектам реализации программного обеспечения для проведения компьютерных экспериментов и описанию натурных испытаний. Приведены результаты анализа адекватности предложенных моделей реальному объекту на основе натурных испытаний, а также даны оценки эффективности применения разработанных систем управления ДТМ.

## Научная новизна результатов диссертационной работы.

Научная новизна связана со следующими результатами:

1. Предложены и обоснованы упрощенные модели ДТМ как объекта управления, полученные декомпозицией известного математического описания и отличающиеся от этого описания введением в рассмотрение двух составляющих модели движения.
2. Сформулированы общие принципы построения структур и выбора параметров систем управления ДТМ. В указанные структуры предлагается вводить ПИД-регуляторы и необходимые обратные связи для обеспечения требуемых динамических свойств системы, а также блоки, использующие правила нечеткой логики с целью компенсации непредсказуемых возмущений.
3. Исследованы адекватность предложенных моделей (с помощью натурных испытаний) и эффективность применения разработанных алгоритмов управления. Показано, что с их помощью можно обеспечить действенную компенсацию возмущений и не допускать отклонений от траектории движения до 3-5 м при больших скоростях перемещения ДТМ.

## Практическая ценность результатов диссертации

подтверждается фактом их использования в АО «МК «Витязь» при

- 1) подготовке технического задания на разработку и изготовление автоматической гидравлической рулевой системы транспортера;
- 2) выборе структурных элементов для автоматической гидравлической рулевой системы транспортера ДТ-10.

Результаты диссертационной работы также используются в учебном процессе ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» при подготовке бакалавров направлений 27.03.03 «Системный анализ и управление», 27.03.04 «Управление в технических системах»

## Достоверность полученных результатов

Обоснованность полученных в диссертации результатов обусловлена корректным использованием положений теории автоматического управления и методов системного анализа. Диссертационное исследование основывается на применении апробированных подходов к построению динамических систем и формированию нечетких алгоритмов управления, имитационному моделированию и проведению натурных испытаний. Данные указанных испытаний также подтверждают достоверность теоретических положений и выводов диссертанта.

## Рекомендации по внедрению результатов работы

Результаты диссертационной работы рекомендуются к внедрению в организациях, связанных с разработкой мобильных транспортных механизмов (транспортеров), в частности, АО «Геомаш» (г. Щигры Курской обл.).

### Апробация работы

По материалам диссертации опубликовано 12 научных работ, в том числе - 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК, также имеется свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016662474 от 11.11.2016 г.

Автореферат диссертации соответствует требованиям ВАК, отражает основное содержание диссертации.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями действующих стандартов. Обоснованно используются научная и профессиональная терминология, изложение материалов структурировано.

### Замечания по диссертационной работе

1. В диссертации часто не оговариваются ограничения на условия функционирования объекта, при которых предложенные алгоритмы управления остаются эффективными. Так, при изменении режима движения ДТМ в связи с появлением уклонов на местности и / или скольжения для стабилизации движения по траектории могут потребоваться дополнительные меры, не предусмотренные в процессе разработки управляющей системы.
2. В работе не formalизованы требования к качеству динамических процессов в системе, теоретически не исследована устойчивость систем управления, хотя она и подтверждается результатами компьютерного моделирования.
3. Автор не описывает, каким образом суждения экспертов используются при формировании составляющих (в частности, совокупности лингвистических переменных) нечеткого алгоритма управления с целью компенсации возмущений.
4. В диссертации достаточно много опечаток и стилистических неточностей. Примером такого сочетания опечаток и неудачной стилистики может служить последнее предложение на стр.98.

### Заключение

Представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований предложены

методики построения систем автоматического управления двухзвенными транспортными механизмами. Внедрение результатов работы вносит значительный вклад в процесс модернизации двухзвенных машин и в развитие технической науки в данной области.

Диссертационное исследование Хуснутдина Д.З. соответствует формуле специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность): «Специальность, занимающаяся проблемами разработки и применения методов системного анализа сложных прикладных объектов исследования, обработки информации, целенаправленного воздействия человека на объекты исследования, включая вопросы анализа, моделирования, оптимизации, совершенствования управления и принятия решений, с целью повышения эффективности функционирования объектов исследования». Оно согласуется по области исследования с п.4 паспорта этой специальности: «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации», а также с п. 7: «Методы и алгоритмы структурно-параметрического синтеза и идентификации сложных систем» и п. 9: «Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов».

На основании анализа содержания диссертации, актуальности её темы, новизны научных положений, теоретической и практической значимости, полноты опубликования основных результатов установлено, что она соответствует требованию пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней» Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки Российской Федерации к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук.

Автор работы Хуснутдинов Дим Зинфирович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность).

Отзыв подготовлен д.т.н., проф. Крымским В.Г.

Отзыв рассмотрен, обсужден и одобрен на расширенном заседании кафедры «Управление и сервис в технических системах» Уфимского государственного нефтяного технического университета 02.11.2018 г., протокол № 4.

Заведующий кафедрой «Управление и  
сервис в технических системах»  
Уфимского государственного нефтяного  
технического университета,  
д-р хим. наук, профессор

Хизбуллин  
Фаиз Фарвазович



Научная специальность по защищенной  
диссертации доктора химических наук:  
03.00.16 – Экология (2006 г.)

Профессор каф. «Автоматизация  
технологических процессов и производств»  
Уфимского государственного нефтяного  
технического университета,  
д-р техн. наук, профессор

Научная специальность по защищенной  
диссертации доктора технических наук:  
05.13.06 – Автоматизация технологических  
процессов и производств (1999 г.)

Профессор каф. «Управление и сервис в  
технических системах»  
Уфимского государственного нефтяного  
технического университета,  
д-р техн. наук, профессор

Научная специальность по защищенной  
диссертации доктора технических наук:  
05.13.01 – Управление в технических  
системах (1997 г.)

Веревкин  
Александр Павлович



Крымский  
Виктор Григорьевич



ФГБОУ ВО «Уфимский государственный  
нефтяной технический университет»  
450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1  
Тел./факс (347) 242-07-32  
e-mail: [usts@rusoil.net](mailto:usts@rusoil.net)

