

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. ректора, проректор по научной работе и международному сотрудничеству Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»




К.С.Костиков

«19»января 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Макарова Георгия Валентиновича на тему: «Развитие методов и алгоритмов теории подобия для систем управления» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

1. Актуальность темы исследования

Уровень развития автоматизированных систем управления технологическими процессами в настоящее время предъявляет высокие требования и накладывает значительные ограничения к средствам, методам и подходам их разработки. Развитие новых методов и алгоритмов для проектирования и настройки систем управления является приоритетным направлением повышения эффективности их разработки. Традиционные теоретические методы и алгоритмы опираются на известные модели в условиях достаточности информации и относительно простых фиксированных структур систем. В этом случае методы синтеза и настройки опираются, в основном, на желаемый конечный результат выходных переменных объекта и не учитывают фактическое состояние, изменение параметров и структуры в динамике, возникающих в результате введения в структуру прямых и обратных управляющих связей. Для достаточно полного учета всех необходимых свойств необходимо затратить большое количество ресурсов на исследование, а также на оснащение технологического процесса средствами контроля и управления, что практически никогда не реализуется на практике в виду оптимизации стоимости и сложности системы.

Применение методов теории подобия для систем управления позволяет более простым образом решить задачи проектирования и настройки систем управления либо с помощью специальных физических моделей, либо с помощью информации об уже созданных ранее системах, для которых в диссертации представлены условия подобия и пересчета полученных результатов. Однако имеющийся аппарат теории подобия не распространяется на си-

стемы управления, что делает невозможным его использование без разработанных в диссертации методов и алгоритмов, что делает тему исследования актуальной.

2. Краткий обзор содержания работы

Во введении представлено обоснование актуальности работы и необходимости развития методов и алгоритмов теории подобия для систем управления, сформулированы цель и задачи диссертации, ее научная новизна и практическая значимость.

В первой главе диссертации проведен анализ состояния теории подобия систем управления, сформулированы базовые утверждения и основные требования подобия систем управления. Также в главе представлены методы и общая структура алгоритма оценивания и управления подобием систем управления.

В работе отмечено, что существующие инструменты теории подобия не подходят для систем управления, а имеющиеся в доступной литературе материалы представлены либо общими инженерными рекомендациями, либо не имеющей значительной практической ценности описаниями. В соответствии с особенностями систем управления автором были сформированы базовые утверждения теории подобия применительно к системам управления. Предложенный алгоритм оценивания и управления подобием предполагает два основных пути: по непосредственно показателям эффективности, включая для этого довольно трудоемкую процедуру настройки и согласования исследуемых систем; и по соотношениям, позволяющим учесть динамические характеристики входящих в состав системы управления элементов.

Во второй главе автором приведены постановки и решения задач определения соотношений подобия систем управления, позволяющие оценивать подобие систем управления с минимальными затратами средств и времени для распространенных типовых САУ и моделей объектов управления. Описан системный эффект влияния замыкания управляющих связей на свойства каналов преобразования регулирующих воздействий. Описан разработанный автором имитационный моделирующий комплекс и многовариантный генератор воздействий с заданными статистическими свойствами и многовариантная модельная система управления для настройки и исследования систем управления.

Автором проведены аналитические и численные исследования для формирования структур выражений, позволяющих оценить подобие систем управления по динамическим свойствам входящих в состав системы управления элементов. При этом был замечен и описан эффект изменения этих свойств при замыкании управляющих контуров, который был учтен при формировании соотношений подобия. Исследования проводились с помощью специально разработанного автором имитационного моделирующего комплекса, отдельные подпрограммы которого получили авторские свидетельства о регистрации программ ЭВМ. Объединяя полученные результаты, автор разработал многовариантную модельную систему управления как го-

товый инструмент для одновременной настройки произвольного множества контуров управления.

В третьей главе работы представлена общая схема настройки систем управления с использованием методов подобия; поставлена и решена задача настройки САР; предложен вариант решения задачи совместного проектирования объекта и управляющей системы с применением методов теории подобия; даны материалы по применению процедуры настройки САР в процессе их испытаний и внедрения, а также по применению методов подобия при настройке систем автоматизации управления технологическим комплексом углеобогадательной фабрики «Матюшинская».

Представленная соискателем схема настройки систем управления с применением методов подобия основывается на полученных алгоритмах оценивания и соотношениях подобия и заключается в использовании многовариантной модельной системы управления. Также автор предлагает свое решение задачи совместного синтеза объекта и управляющей системы, основанное на результатах диссертации.

В заключении приведены научные и практические результаты работы.

В приложениях представлены справки об использовании и внедрении результатов исследований при создании систем автоматизации управления проектной организации ООО «Научно-исследовательский центр систем управления» и обогатительной фабрики ООО «Шахта №12» с подтверждением полученного экономического эффекта.

По объему и структуре диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

3. Научная новизна и основные результаты диссертационной работы

Научная новизна полученных в диссертации результатов заключается в том, что автором:

1) сформулированы утверждения подобия систем управления и их классификация на подобные, потенциально подобные и принципиально неподобные, составляющие основу для оценивания и управления подобием систем управления;

2) разработаны методы и общие структуры системы оценивания и управления подобием потенциально подобных систем с введением функций формирования целенаправленных воздействий на изменения динамических свойств внешних воздействий, каналов их преобразования в объекте управления, структуры и настроечных коэффициентов алгоритмов управления потенциально подобных систем;

3) разработаны соотношения подобия для типовых систем автоматического регулирования в виде равенств и неравенств характеристик внешних воздействий, параметров объектов регулирования, позволяющих осуществлять пересчет настроечных коэффициентов алгоритмов регулирования для обеспечения подобия систем;

4) предложена многовариантная физико-математическая модельная система управления, состоящая из физической модели объекта и конечного числа контуров управления, в которых объектом является информационное отображение физической модели в комбинации с математическими моделями пересчета разницы управляющих воздействий разных алгоритмов управления и вариантов сгенерированных внешних воздействий, что позволяет одновременно моделировать конечное множество систем управления;

5) сформирована методика настройки конечного множества систем управления на основе физико-математической модели, позволяющая для промышленных систем уменьшить время их разработки и испытания на 40-50% и точность настройки систем на 15-35%.

4. Практическая значимость работы

Значимостью результатов исследования автора диссертации для науки и производства следует считать принципиально новый подход к созданию и исследованию систем автоматизации управления, основанный на применении разработанных им методов и алгоритмов теории подобия. Эти методы и алгоритмы эффективны на всех этапах создания систем управления – от их предпроектных исследований до развития во время эксплуатации, притом, не только для известных и существующих, но и для абсолютно новых производств, не имеющих аналогов за счет применения совместно с методами физического моделирования. Предложенные в диссертации методы и алгоритмы позволили уменьшить время разработки и испытания промышленных систем на 40-50% и повысить точность настройки на 15-35% в зависимости от объекта.

5. Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Полученные автором результаты прошли проверку и показали свою эффективность на объектах углеобогащения, однако, они могут быть использованы для создания систем управления любыми объектами, для которых выполняются условия подобных или потенциально подобных систем рассмотренных автором структур. Сам же подход к формированию условий подобия и выражений пересчета позволяет разрабатывать их для различного вида структур систем управления и в дальнейшем использовать имеющиеся процедуры оценивания и управления подобием в любых отраслях производства.

6. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, полученных в работе, подтверждаются близкой трактовкой к рассмотренным вопросам подобия В.А. Вениковым и М.В. Кирпичевым; аналитическими исследованиями, опирающимися на труды В.Я. Ротача и В.Н. Пугачева; множественными численными исследованиями с высокой степенью воспроизводимости результатов; совпадением результатов аналитических и численных исследований на выбранных диапазонах исследуемых

параметров и структур систем управления; совпадением результатов с натурно-модельными экспериментами и натурными данными эксплуатации; положительным опытом внедрения разработок автора.

Проведенные научные исследования можно характеризовать как законченные научные решения для дальнейшего развития и совершенствования процесса создания систем управления на уровне не только инструментов и конкретных решений, но и методов в целом.

Основные результаты диссертационной работы обсуждались на научно-практических семинарах и конференциях различного уровня в период 2011 - 2020 гг., удостоились Гран-При и Золотой медали Международной выставки-ярмарки «Уголь и Майнинг 2016».

7. Основные замечания по диссертационной работе

Диссертационная работа, несмотря на обоснованность и логичность, имеет недостатки и требует определённых замечаний. Все замечания объединены в 2 группы: информационные и лексико-орфографические / синтаксические.

I. Информационные.

1. Непонятен постоянный рефрен как в диссертации, так и в А/Р, относительно некоего «конечного» множества систем управления (СУ). Почему не «произвольного»?

2. Неясно, откуда и как получены числовые значения о времени разработки промышленных СУ с помощью физико-математической модели (40–50 % уменьшения времени разработки и испытания), а также о точности настройки СУ (15–35% – то ли речь идёт о времени настройки, то ли о повышении точности настройки?) – А/Р, стр. 5.

3. Недостаточно широкая апробация: только Новокузнецк и Кемерово.

4. В рубрике «Публикации» упомянуты 42 печатные работы, между тем как «в том числе» – 46 работ (?).

5. Неправильное утверждение, что s – это оператор Лапласа; s – это **переменная** Лапласа. Оператор Лапласа является символом операции дифференцирования оригиналов, он не может принимать каких-либо значений.

6. В выражениях (6) А/Р отсутствует время чистого запаздывания τ , на наличие которого ссылается автор.

7. На стр. 12 А/Р – непонятна семантика выражения «Приведённые возмущения **аддитивной композицией** случайной и детерминированной составляющих».

8. В п. 3 А/Р (стр. 12) не упомянута аperiodическая компонента 1-го порядка из набора (6).

9. А/Р, стр. 12: формула (8) – что это за странная запись закона регулирования в экспоненциальной форме, если выше приведена ссылка на использование z -преобразования?

10. В Таблице 1 А/Р отсутствует 5-й столбец, о наличии которого заявляет соискатель.

11. В А/Р, стр. 13 упомянуто z -преобразование, но выражения на его основе отсутствуют в Таблице 1, где, по утверждению автора, приведены результаты указанных операций. В Таблице 1 (столбец 4) все соотношения приведены согласно формату описания решетчатых сигналов профессора Я.З. Цыпкина.

12. На стр. А/Р не указано, чем контролировались «неконтролируемые» входные воздействия.

13. Снова путаница: столбцы 4 и 5 в Таблице 1 (?) – А/Р, стр. 14.

14. В А/Р не прописана (хотя бы минимально) технология применения методов подобия при настройке систем автоматизации управления.

15. А/Р, стр. 18 – но критерии качества для сепаратора и гидроциклона – обратные тому, что написано в п. 4: должно быть $q_1 = 11\%$, $q_2 = 10\%$.

16. Неясно, откуда взялись данные об эффективности регуляторов: 22% и 24%, хотя написано «т. е.», то есть как бы очевидно – А/Р, стр. 20.

17. Необоснованными и ошибочными являются приведённые значения оценки улучшения точностного критерия регулирования на 14% и 15% – А/Р, стр. 20.

18. В пп. 1-3 рубрики «Заключение и ...» представлены только результаты, выводы отсутствуют.

19. Нет объяснений тому, на основании каких доводов в качестве опорной АКФ выбрана экспоненциальная функция. Почему не колебательная с экспоненциальным затуханием?

20. Научные публикации ведущей организации №№ 4-11 не соответствуют тематике диссертации и заявленной специальности 2.3.3 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

21. С сожалением констатируем, что мы не нашли в диссертации ни одного акта / протокола об использовании материалов диссертации на упомянутых в справке о внедрении 5-ти объектах промышленного назначения, которые были бы заверены руководством этих предприятий.

II. Лексико-орфографические / синтаксические.

1. Ошибка в подрисуночной подписи к рис. 4, стр. 16 А/Р – окончание в слове «воздействий». Также – орфографические ошибки на стр. 17 А/Р.

2. Странная, путанная рубрика «Заключение и выводы». Заключение – это фрагмент А/Р и Диссертации, объединяющий «основные результаты работы и выводы». Следовательно, при чём здесь выражение «Заключение и выводы»?

3. В составе публикаций ВАК (А/Р, стр. 24) – ошибки в англоязычных названиях: пп. 10 и 11 (лексико-орфографические).

4. Публикации в пп. 13-29 А/Р оформлены не по ГОСТу.

5. Недопустимый объём А/Р для кандидатской диссертации – 27 стр.



Заключение.

С учётом того, что, в известном смысле, эти замечания можно считать не критично влияющими на проблематику диссертации, последнюю можно оценить как соответствующую требованиям ВАК Минобрнауки РФ, а соискателя Макарова Георгия Валентиновича как кандидата на присуждение ему учёной степени кандидата технических наук по результатам защиты по заявленной специальности 2.3.3. – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Отзыв ведущей организации составлен доктором технических наук, профессором **Федосенковым Борисом Андреевичем**, профессором кафедры информационных и автоматизированных производственных систем (ИиАПС) ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачёва», и заведующим кафедрой ИиАПС **Чичериним Иваном Владимировичем**.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры информационных и автоматизированных производственных систем ФГБОУ ВО «КузГТУ» «18» января 2022г., протокол № 5.

Профессор кафедры информационных и автоматизированных производственных систем (ИиАПС) ФГБОУ ВО «КузГТУ»,
доктор технических наук,

 **Б.А. Федосенков**
 **И.В. Чичерин**

Заведующий кафедрой ИиАПС КузГТУ

Адрес ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»: 650000 Кемеровская область, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28.

Телефон/факс: 8(3842) 39-69-60.

E-mail: rector@kuzstu.ru.

Веб-сайт: <https://kuzstu.ru/>

Сведения о лицах, представивших отзыв на диссертацию:

Федосенков Борис Андреевич, специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», 650000 Кемеровская область, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», профессор кафедры информационных и автоматизированных производственных систем, д-р техн. наук, профессор.

Телефон: 8(3842)396960, моб.: 8(905) 910-9400.

адрес электронной почты: rafwaveletsve@mail.ru

Чичерин Иван Владимирович, специальность 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», 650000 Кемеровская область, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», заведующий кафедрой информационных и автоматизированных производственных систем, канд. техн. наук, доцент.

Телефон: 8(3842)396960, моб.: 8(905) 912-1187.

адрес электронной почты: chicivan@yandex.ru

Подпись *Б.А. Федосенков, И.В. Чичерин*
ЗАВЕРЯЮ
ученый секретарь совета
Э.В. Хеймант
«18» 01 2022.
