

Отзыв

на автореферат диссертации Голубева Андрея Вячеславовича на тему: «**Переходные процессы в гидравлических системах энергетических объектов в напорном и безнапорном режимах**», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. - Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

Водопроводящие гидротехнические сооружения, такие как водоводы, трубы, туннели, лотки и др., транспортируют воду с определенными расходами для самых разнообразных целей, для подачи воды к турбинам гидроэлектростанций, в гидравлические системы охлаждения тепловых, атомных электростанций и промышленных предприятий, в ирригационные системы и т.п. Движение жидкости в водопроводящих сооружениях различного назначения может быть стационарным и нестационарным. Изменения режимов работы систем водоподачи, гидравлических установок (гидротурбин, насосов, обратимых гидромашин), водозаборных устройств, сопровождаются переходными процессами, характеризующимися неустановившимся движением в гидравлической и пневматической частях системы, вызывающим значительные динамические нагрузки на элементы проточной части гидроагрегатов и водопроводящих ГТС.

Цель представленной диссертационной работы заключается в разработке методологических основ оценки переходных процессов пусков в гидравлических системах охлаждения основных потребителей тепловых и атомных электростанций, базирующиеся на комплексе расчетов, с использованием математического моделирования, процессов с учетом основных влияющих факторов.

Научная новизна исследования состоит в разработке методика оценки процессов пусков в системах водоподачи крупных энергетических объектов, в основе которой лежит классификация систем по условиям протекания переходных процессов, а также комплекс ограничений, обеспечивающих успешное их протекание.

По автореферату можно сделать следующее замечание:

Желательно было привести в главе 1 более подробное описание замкнутой и разомкнутой схемы насосной системы охлаждения.

Замечание не снижает высокого научного уровня работы и степени достоверности полученных результатов. Диссертация соответствует требованиям, предъявленным к кандидатским диссертациям в Положении о присуждении ученых степеней. Автор диссертационной работы Голубев Андрей Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 - Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

Д.т.н., профессор, заведующий кафедрой гидротехнических сооружений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет –МСХА имени К.А. Тимирязева

Ассистент кафедры гидротехнических сооружений Федерального государственного бюджетного Образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет –МСХА имени К.А. Тимирязева

**Ханов Нартмир
Владимирович**

**Жукова Татьяна
Юрьевна**

«10» марта 2024 г.

127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49.

E-mail: info@rgau-msha.ru,

Тел.: 8 (495) 976-04-80

ПОДПИСЬ
З. ВЕРЯЮ

Ведущий специалист по делам

М.А. Пастухова

* 3 *

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Голубева Андрея Вячеславовича на тему «Переходные процессы в гидравлических системах энергетических объектов в напорном и безнапорном режимах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология»

Актуальность темы диссертационного исследования. Насосные системы охлаждения потребителей находят широкое распространения в энергетике. Наиболее крупные и производительные используются в системах охлаждения основных потребителей с использованием конденсаторов паровых турбин ТЭС и АЭС. Это гидросооружения 1-го уровня ответственности, требующие в каждом конкретном проекте специального моделирования работы насосной системы в переходных режимах, обоснования мероприятий по снижению динамических нагрузок на водоводы и оборудование. С учетом сказанного тема диссертационной работы представляется актуальной.

Научная новизна. Новой является комплексная методика учета ограничений по параметрам пусков и их обеспечения за счет конструктивных и режимных мероприятий, подбираемых при проектировании.

Замечания

1. В автореферате не дано объяснения физической картины процесса, вызвавшего пульсации давления, при переходе сливной камеры конденсатора в напорный режим работы.

2. В выводах по работе не дается оценка пульсаций давления, возникающих в насосном агрегате при пусках.

Заключение. Судя по автореферату, диссертация Голубева Андрея Вячеславовича является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему, содержащей новые научные результаты, имеющие практическую значимость для проектирования и эксплуатации насосных систем охлаждения крупных энергетических объектов. По результатам представленной диссертационной работы Голубев Андрей Вячеславович заслуживает присуждения

ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

Я, Прокопенко Алексей Николаевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.



Прокопенко А.Н.

Заведующий отделом гидроэнергетики
и гидроэнергетического оборудования
ОАО «НПО ЦКТИ», канд. техн. наук

Прокопенко Алексей Николаевич

Адрес ОАО «НПО ЦКТИ»: 191167, Санкт-Петербург, Атаманская ул., д. 3/6

тел.: (812) 578-89-50, моб: +7 921 3213532

e-mail: ProkopenkoAN@ckti.ru



« 08 » апреля 2024 г.

Подпись, уч. степень, Прокопенко А.Н. заверяю

Зам. генерального директора ОАО «НПО ЦКТИ»





Гаврилов С.Н.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Голубева Андрея Вячеславовича на тему «Переходные процессы в гидравлических системах энергетических объектов в напорном и безнапорном режимах», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

Диссертационная работа Голубева А.В. – законченное исследование, посвященное актуальным вопросам современной гидротехники и энергетики - изучению переходных процессов пусков в системах водоподачи крупных энергетических объектов.

Актуальность темы диссертационной работы соискателя ученой степени кандидата технических наук Голубева А.В. состоит в необходимости исследования режимов работы систем водоподачи, гидравлических установок (гидротурбин, насосов, обратимых гидромашин), водозаборных устройств, сопровождающихся переходными процессами, характеризующимися неустановившимся движением в гидравлической и пневматической частях системы, и вызывающих значительные динамические нагрузки на элементы проточной части гидроагрегатов и водопроводящих гидротехнических сооружений.

Соискателем были поставлены и решены следующие **задачи**:

- систематизировать гидравлические системы охлаждения крупных энергетических объектов с точки зрения переходных процессов пусков насосных агрегатов;
- разработать расчетные алгоритмы и математические модели оборудования, в том числе конденсаторов паровых турбин, насосных агрегатов, регулирующей расход арматуры, обеспечивающих устойчивость итерационных циклов решения в полном диапазоне возможных гидравлических режимов;
- разработать системы ограничений, обеспечивающие допустимые условия протекания переходных процессов и комплекс параметров, обеспечивающих эти ограничения, которые могут варьироваться при проектировании;
- исследовать влияние параметров оборудования и его состава на условия протекания гидромеханических переходных процессов пусков.

Личный вклад соискателя состоит в поиске и структурировании исходной информации, в выполнении аналитического обзора научных достижений в исследуемой области, формулировке цели и постановке задач исследований, освоении расчетных методов и разработке математических моделей, проведении численных исследований, обработке и анализе полученных результатов, формулировании выводов и рекомендаций.

Основные выводы, сформулированные соискателем, подтвердили, что математическая модель расчетов переходных процессов в водоводах насосной станции систем охлаждения должна базироваться на использовании модели упругого гидроудара; модель расчета потерь напора через переменный коэффициент сопротивления и произведение скоростных напоров в предыдущий и текущий моменты времени обеспечивает устойчивость расчетного алгоритма в отличие от расчета потерь напора через коэффициент расхода и произведение скоростных напора в предыдущий момент времени; пуск на минимальном угле установки лопастей диагонального насоса снижает на 15 – 17% максимальное давление в конденсаторе по сравнению с пуском на рабочем угле; требуемое увеличение напора насоса на 4 – 6 м обеспечивается при начальном заполнении трубопровода на 70 – 80 % по высоте. Кроме того, исследования переходных процессов

позволили соискателю сформулировать состав ограничений для процесса пуска в системах охлаждения. В системах с градирней рекомендуется полное заполнение системы водой перед пуском путем создания вакуума. При пусках насоса на закрытый затвор на напорном патрубке важным является выпуск всего воздуха из конденсатора. Установлено, что на максимально допустимый расход воздуха влияют постоянная инерции напорного отводящего водовода и развиваемый напор насоса.

Работа выполнена Голубевым А.В. самостоятельно с применением современных и оригинальных методов и математических моделей.

Автореферат диссертационной работы написан грамотным русским языком, аккуратно оформлен и практически не имеет существенных замечаний по содержанию.

Основное содержание диссертации опубликовано в 5 печатных работах, в том числе в 3 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России для публикации результатов научных исследований, а 2 работы опубликованы в журнале, индексируемом в международной реферативной базе Scopus.

Результаты диссертационной работы были доложены на ряде научно-технических конференций и семинаров в период с 2016 по 2022 гг.

По автореферату диссертационной работы имеются следующие **вопросы / замечания:**

1. В чем заключается специфичность трассировки насосных станций систем охлаждения крупных энергетических объектов?

2. Из текста автореферата не ясно, какие особенности и структуры гидравлических систем охлаждения крупных энергетических объектов учитывались в исследованиях переходных процессов?

3. Что подразумевает автор под «отжатием» уровня в отводящем трубопроводе по мере сжатия воздуха?

Общий вывод. Несмотря на перечисленные вопросы и замечания, диссертация на тему «Переходные процессы в гидравлических системах энергетических объектов в напорном и безнапорном режимах» является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяет требованиям ВАК Минобрнауки России (критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утв. постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а соискатель Голубев Андрей Вячеславович заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 – «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология».

Директор филиала АО «Институт Гидропроект»
«НИИЭС» д.т.н., доцент, специальность 05.23.07 –
Гидротехническое строительство



Рубин Олег Дмитриевич

Подписи Рубина Олега Дмитриевича удостоверяю

Ведущий специалист по кадрам

Волкова Татьяна Викторовна

Филиал АО «Институт Гидропроект» - «НИИЭС», 125362, г. Москва, Строительный проезд, д. 7А, корп. 29.Тел.: +7 (495) 727-36-23, Факс: +7 (495) 617-17-81, E-mail: niies@hydroproject.ru

09.04.2024 2

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Голубева Андрея Вячеславовича на тему «Переходные процессы в гидравлических системах энергетических объектов в напорном и безнапорном режимах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология»

Выбранная Голубевым А.В. тема диссертационного исследования представляется актуальной, потому направлена на обобщение и систематизацию условий протекания переходных процессов в широко распространенных системах охлаждения турбинного оборудования ТЭС и АЭС, имеющих специфические особенности как в части состава оборудования, так и его компоновки в составе системы водоводов.

Разработанные автором расчетные алгоритмы и составленный на их основе оригинальный авторский программный комплекс для математического моделирования переходных процессов позволили обосновать условия безопасного и укладываемого в заданные ограничения протекания пусков в насосных системах охлаждения с конденсаторами крупных паровых турбин. Рассмотренные конструктивные компоновки охватывают большинство из применяемых на практике технологических схем.

К достоинствам работы можно отнести решенные в процессе разработки алгоритмов вопросы устойчивости получения решений для узлов гидромеханической системы с учетом сложных граничных условий, включающих как гидравлическую, так и пневматическую ее части.

Представленные в выводах рекомендации позволяют обоснованно подходить к принятию проектных решений с учетом особенностей переходных процессов и разрабатывать мероприятия по обеспечению допустимых условий их протекания.

По тексту реферата имеется замечание:

- в формулах (3) ... (9) автореферата приведены не все обозначения переменных, то же относится к по константам на шаге расчета, для которых дана только общее описание.

В целом, по автореферату и опубликованным работам, можно заключить что, диссертационная работа Голубева Андрея Вячеславовича является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему, в которой содержатся новые научные результаты и практические рекомендации актуальные для гидроэнергетического строительства. По результатам выполненных исследований Голубев Андрей Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 – «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология».

Я, Пресман Михаил Рафаилович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.



Пресман М.Р.

Кандидат технических наук,
АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»,
Отдел «Техводоснабжение и охладители ТЭС и АЭС»,
старший научный сотрудник
Пресман Михаил Рафаилович



Санкт-Петербург, пр. Луначарского 108, корп. 1, кв. 259

тел.: +7 (921) 946-76-73

e-mail m_presman@mail.ru

« 09 » апреля 2024 г.

Подпись уч. степень, звание Пресмана Михаила Рафаиловича:
заверяю _____

Начальник отдела
по работе с персоналом



09.04.2024



Отзыв

на автореферат диссертации Голубева Андрея Вячеславовича на тему «Переходные процессы в гидравлических системах энергетических объектов в напорном и безнапорном режимах», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология»

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена тем, что настоящее время в нормативной литературе отсутствуют четкие рекомендации по учету при проектировании насосных систем охлаждения АЭС переходных режимов. Предложенные в диссертационной работе подходы и обобщения позволяют более обоснованно подходить к оценке переходных процессов и нагрузок, возникающих при пусках насосных агрегатов.

Научная новизна. По результатам исследований автором, с учетом специфики рассматриваемых систем охлаждения, сформулирован комплекс требований, которым должны удовлетворять расчетные математические модели для адекватной натуре имитации происходящих процессов в гидравлической и пневматической частях рассматриваемой технической системы.

Достоверность. Достоверность представленных в диссертационной работе выводов и рекомендаций подтверждена опытом эксплуатации конкретных насосных систем охлаждения, на которых они были реализованы.

Замечания

1. В приведенной системе учитываемых параметров отсутствует ограничение по максимальной скорости подъема уровня в камерах конденсатора в процессе пуска, связанное с увеличением давления при занaporивании камеры.
2. В автореферате не представлены обобщенные данные по фактическим значениям постоянных времени напорной системы и агрегатов, характерные для рассмотренных насосных систем охлаждения.

По теме диссертации соискателем опубликовано 5 научных статей в том числе 3 статьи в научных журналах, входящих в «Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», в которых отражены основные результаты диссертации.

Заключение. Указанные замечания не снижают положительной оценки представленной работы. Судя по автореферату, диссертационная работа Голубева Андрея

Вячеславовича является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему, содержащей новые научные результаты, имеющие практическую значимость. **По результатам выполненных исследований Голубев Андрей Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6. – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.**

Я, Захаров Александр Викторович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.

кандидат технических наук, доцент
(специальность 05.04.13, «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты»)



Захаров А.В.

09 апреля 2024 года

Захаров Александр Викторович,

Рабочий адрес: ПАО «Силовые Машины», Россия, 195009, Санкт-Петербург,

ул. Ватутина, д.3, лит. А ,

Тел.: +7(812) 326-70-64,

E-mail: Zakharov_AV@power-m.ru.

Должность: начальник отдела расчётов СКБ «Гидротурбомаш»

Ученую степень, звание, подпись начальника отдела расчётов Захарова А.В. удостоверяю

Главный конструктор по гидротурбинам

Начальник СКБ «Гидротурбомаш»



Калиниченко С.А.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Голубева Андрея Вячеславовича
на тему «Переходные процессы в гидравлических системах энергетических
объектов в напорном и безнапорном режимах», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
2.1.6. «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная
гидрология»

Наибольшие нагрузки на проточную часть и конструктивные элементы осевых и диагональных насосов достигаются в переходных процессах, в том числе при пусках, особенно в области малых подач и малых напоров. Представленное в диссертации направление исследований, по выявлению специфических особенностей переходных процессов в насосных системах водоподачи крупных энергетических объектов является актуальным как в научном, так и в практическом плане.

Представленное в работе описание расчетного алгоритма, по составу учитываемых факторов и физическим процессам позволяет судить о адекватном имитационном моделировании работы рассматриваемой гидромеханической и пневматической систем в переходных режимах.

Научной новизной отличаются обобщающие результаты по влиянию соотношений постоянных инерции насосного агрегата и напорной системы на условия «прохода» насосами области неустойчивых помпажных режимов при пусках. Разработанная на основании анализа переходных процессов система ограничений позволяет обоснованно подходить к проектированию подобных насосных станций.

В качестве замечания по автореферату можно отметить наличие в правом столбце рисунка 12 трех одинаковых по параметрам графиков с разными наименованиями расходов. Зачем автору понадобилось вводить такую их дифференциацию?

В целом, судя по автореферату и по опубликованным работам, можно заключить, что диссертационная работа «Переходные процессы в

гидравлических системах энергетических объектов в напорном и безнапорном режимах» является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой на актуальную тему, в которой содержатся новые научные результаты и практические рекомендации актуальные для энергетической отрасли.

По результатам выполненных исследований, Голубев Андрей Вячеславович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 – «Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология».

Я, Ломакин Владимир Олегович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и дальнейшую их обработку.


Ломакин В.О.

ДТН, доцент,
МГТУ им. Н.Э. Баумана,
«Гидромеханика, гидромашины и
гидропневмоавтоматика», заведующий кафедрой

Ломакин Владимир Олегович
почтовый адрес 2-я Бауманская д.5 стр 1.
тел.:+7(903) 216-77-33
e-mail: lomakin@bmstu.ru

« 12 »  2024 г.

Подпись уч. степень, звание ФИО:
заверяю _____



ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Голубева А.В.
«Переходные процессы в гидравлических системах энергетических объектов в напорных и безнапорных режимах»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология

Диссертация посвящена рассмотрению актуального вопроса научного обоснования моделирования гидромеханических переходных процессов в гидравлических системах охлаждения тепловых и атомных станций, включая учёт всех составляющих указанных систем (насосные установки, трубопроводы, конденсаторы, градирни, сливные колодцы и пр.) и их совместную работу с переходами режима от напорного к безнапорному.

Математическое моделирование переходных процессов выполнялось на известных уравнениях упругого гидроудара. При этом автором проведены исследовательские работы по определению наиболее оптимальной методики назначения граничных условий, которые должны максимально точно описывать работу всех элементов систем охлаждения тепловых электростанций с учетом всех физических и конструктивных факторов.

Отдельно рассмотрены особенности переходных процессов при пусках насосов, выявлены проблемные режимы работы насосов при длинных подводящих трубопроводах и пониженном напоре, которые сопровождаются повышенными пульсациями и вибрационными нагрузками.

Автором в наглядном виде представлены графики типичных переходных процессов в насосном агрегате и других элементах системы для блочных систем охлаждения с водосливом в верхнем бьефе и блочных систем с градирнями (без затворов и с затворами) с пояснениями, какие факторы определяют устойчивость работы системы для каждого случая. На основании проведенных исследований автором приводятся рекомендации по конструктивным решениям систем.

Также важно отметить, что достоверность результатов исследований подтверждаются замерами контрольных пусков насосных агрегатов на электростанциях, для которых выполнялось моделирование по представленной автором методике (Ростовская-2, Нововоронежская-2, Куданкулам – блоки 1 и 2).




Представленные в автореферате результаты исследований представляют безусловную ценность для проектных Институтов, занимающихся проектированием систем охлаждения тепловых и атомных электростанций, т.к. в доступной форме дают инженерное понимание о специфике гидромеханических процессов в таких системах, а также на вопросы, на которые следует обращать особое внимание в процессе проектирования.

Замечания к автореферату отсутствуют.

Считаю, что диссертация отвечает критериям Правительства РФ о присуждении учёных степеней №842 от 24.09.2014, её автор Голубев Андрей Вячеславович заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.1.6 Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

Сведения о лице, подписавшем отзыв:

Подвысоцкий Алексей Анатольевич,
Кандидат технических наук,
Генеральный директор АО «Мособлгидропроект»,
143532, Московская область, Истринский район,
г. Дедовск, ул. Энергетиков, д.1,
Тел. +7(495) 994 81 73,
E-mail: info@hydroproject.com



Подпись удостоверяю
Начальник отдела
по работе с персоналом
АО «Мособлгидропроект»
 Е.Е. Павлова