

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

заведующего кафедрой «Строительная механика корабля»

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный морской технический университет»

д.т.н., профессора Родионова Александра Александровича

на диссертационную работу Керестеня Ильи Алексеевича

**на тему «Математическое моделирование процессов укладки кабеля под водой»,
представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и
комплексы программ»**

Актуальность темы диссертации

Диссертация посвящена разработке математической модели подводной кабелеукладки, позволяющей описать сложную нелинейную динамику протяженной кабельной линии с учетом гидродинамических сил сопротивления.

В диссертационной работе рассматривается влияние различных физико-механических процессов, имеющих место при укладке кабеля под водой. Актуальность диссертационной работы определяется ее отношением к одному из ключевых сегментов рынка Маринет – технологии освоении ресурсов океана в области технологии добычи полезных ископаемых на шельфе и систем подводной связи. На сегодняшний день подводные коммуникационные кабели осуществляют передачу практически всех телефонных разговоров, видеозаписей и Интернет-данных. Для многих стран подводные кабельные системы являются важным фактором национальной экономики.

Содержание диссертации, научное и практическое значение

Научная работа изложена на 120 страницах. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 106 наименований и двух приложений. В тексте имеется 3 таблицы и 45 рисунков.

Во введении обосновывается актуальность, формулируются цель исследования, задачи исследования, методы решения, научная новизна и положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит обзор литературы по процессу и объекту исследования. Рассмотрены современные способы укладки кабеля под водой. Приводится краткое описание

исторических событий, определивших направление развития конструкций подводных телекоммуникационных и силовых кабелей. Особое внимание уделено описанию современных работ по механике деформируемого кабеля в которых проводится аналогия между многокомпонентной гетерогенной моделью кабеля и однородной конструкцией с эффективными свойствами.

Во второй главе представлено современное состояние математических моделей укладки кабеля под водой, швартовки и поведению системы «судно – кабель – подводный аппарат». Приводится современное аналитическое решение задачи Рауса-Аппеля об укладке кабеля под водой в трактовке Меркина. Особое внимание уделено истории становления математической модели задачи Рауса-Аппеля. Глава завершается описанием возможных направлений развития, учитывающих различные физико-механические явления, имеющие место при проведении работ в реальных морских условиях.

В третьей главе изложена расширенная математическая нелинейная модель задачи Рауса-Аппеля об укладке кабеля под водой как механической системы динамического равновесия. Учитывается влияние растяжимости кабеля согласно закону Гука и наличие подводного течения с профилем скорости, изменяющимся по глубине. Представлен алгоритм численного решения задачи с применением итерационного многомерного метода Ньютона на базе конечно-разностной схемы. В качестве результатов моделирования приводятся форма и натяжение провисающего участка кабеля для различных механических параметров кабелей и различных скоростей движения судна с использованием разработанного автором комплекса программ на языке программирования Matlab MathWorks. Проведено моделирование укладки кабеля в Норвежском море вблизи газового месторождения Ормен Ланге.

В четвертой главе моделирование укладки кабеля под водой рассмотрено в виде механической системы динамического движения. Такой подход позволяет выйти за рамки классической модели о стационарной укладке кабеля под водой на фиксированную глубину в двумерной постановке задачи. Учитывается влияние многокомпонентной гетерогенной конструкции кабеля и рассогласование скоростей схода кабеля и движения судна, вызванное сматыванием кабеля с барабана лебедки. Автором разработана интегрированная в конечно-элементный программный комплекс ABAQUS программа по определению пользовательской нагрузки на языке программирования Fortran. В работе приводится методика по определению эффективных коэффициентов жесткости кабеля. Отдельное внимание уделяется вопросам

запуска и динамики лебедки.

В заключении сформулированы основные научные положения диссертационной работы и определены направления перспективных исследований.

В приложениях А и Б приведены выходные данные разработанных автором комплекса программ и программы, интегрированной в конечно-элементных комплекс соответственно.

Достоверность и новизна научных положений

Обоснованность полученных результатов и выводов основывается на многочисленных проведенных верификационных проверках. В работе присутствуют ссылки на классические научные источники. Достоверность результатов диссертационной работы подтверждается адекватностью физического представления о процессе и объекте исследования, непротиворечивостью логических построений, строгостью постановок задач и математических моделей.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработанной расширенной математической нелинейной модели задачи Рауса-Аппеля об укладке кабеля под водой как механической системы динамического равновесия. Впервые разработана математическая модель укладки кабеля под водой как механической системы динамического движения с использованием совместного моделирования конечно-элементного программного комплекса ABAQUS и программы на языке программирования Fortran. Впервые получены результаты влияния скорости движения судна, механических характеристик кабеля, подводного течения, изгибной жесткости кабеля и рассогласования скоростей схода кабеля и движения судна на процессы укладки кабеля.

Основные положения и результаты диссертации в должной мере отражены в 9 научных работах, в том числе 3 публикациях в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК, обсуждались на российских конференциях.

Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Результаты диссертационной работы могут быть использованы как теоретическая база для учета физико-механических явлений, представленных в параграфе 2.5. Научная значимость диссертационной работы подтверждается ее победой в конкурсе грантов Комитета по науке и высшей школе Правительства Санкт-Петербурга. В качестве практической

иллюстрации рассмотрена укладка кабеля в Норвежском море вблизи газового месторождения Ормен Ланге. Многие результаты приведены в безразмерном виде для удобства их трактовки при любых параметрах в рамках принятых допущений. Автором разработан и зарегистрирован комплекс программ для ЭВМ, допускающий проведение сравнительно быстрой инженерной оценки формы и натяжения провисающего участка кабеля под водой при различных условиях укладки.

Замечания по работе

1) В общей динамической модели не учитывается волновая обстановка (вертикальная и килевая качка), являющаяся, существенным фактором влияния на прочность кабеля, поскольку определяет принципиально возможность проведения укладки в необходимом районе в выделенное время.

2) Для математической нелинейной модели динамического равновесия кабеля при его укладке под водой с учетом растяжимости кабеля согласно закону Гука приводится исследование влияния механических характеристик на форму и натяжение провисающего участка кабеля, однако не показано отличие от линейной модели.

3) Результаты определения формы и натяжения провисающего участка кабеля для первой математической модели динамического равновесия кабеля приводятся в безразмерном виде, а для второй математической модели движения кабеля наоборот – в размерном виде. При этом в тексте диссертационной работы повсеместно объявляется переход к безразмерному виду за исключением результатов второй математической модели. Неясно, является ли эта неоднозначность случайной или автор намеренно демонстрирует отсутствие классического подобия для задач механики нити.

4) При определении обобщенных коэффициентов жесткости автором проводились многочисленные проверки сходимости по дискретизации конечно-элементной модели кабеля для участка кабеля фиксированной длины, однако влияние шага свивки на исследуемые жесткостные характеристики кабеля не анализируется.

5) В тексте диссертации встречаются опечатки и неточности, см. например, стр. 43, 47.

Сделанные замечания не умаляют достоинств диссертации и не сказываются на общей положительной оценке.

Заключение

Диссертационная работа и представленные в ней научные результаты соответствуют Паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Диссертационная работа представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, которая заслуживает высокой оценки. Полученные результаты отражены в научных публикациях автора. Содержание диссертации должным образом отражено в автореферате. Положения, выносимые на защиту, и выводы имеют строгое обоснование.

Диссертационная работа Керестеня Ильи Алексеевича «Математическое моделирование процессов укладки кабеля под водой» соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 октября 2013 года, № 842, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

Родионов Александр Александрович,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Строительная
механика корабля» Федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Санкт-Петербургский
государственный морской технический
университет»
190121, Санкт-Петербург, ул. Лоцманская, д. 3
Тел.: +7 (921) 7810597
e-mail: rodionovsmk@yandex.ru

 / А.А. Родионов

«25» ноября 2019 г.

*Подпись Родионова А.А. заверено,
нач. орг. кадров И.А. Мещеряков*

