ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Казунина Ивана Дмитриевича «Технология снижения ледовой нагрузки на гидротехнические сооружения закрытых акваторий портов с помощью иррегулярно вмораживаемых объектов».

Актуальность темы диссертационного исследования обусловлена стратегическими задачами освоения Арктики и развития Северного морского пути. В условиях роста грузопотока и расширения морской инфраструктуры в северных регионах обеспечение надежной и безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) в зимний период становится критически важным. Ледовые нагрузки остаются одним из ключевых факторов риска, способных вызывать деформации, разрушения и даже аварии на портовых объектах. В то же время традиционные методы борьбы с обледенением — от ледоколов до барботажных систем — обладают рядом ограничений: высокой стоимостью, энергоемкостью, зависимостью от погодных условий и неприменимостью в закрытых (защищённых) акваториях. В этом контексте предложенная автором технология перфорации льда с использованием искусственно вмороженных объектов (ИВО) представляет собой инновационное и практически значимое решение.

Соответствие специальности. Работа полностью соответствует паспорту специальности 2.1.6 (п. 8, 10, 22): рассматриваются методы моделирования работы портовых сооружений, прогнозируются ледовые нагрузки, разрабатываются инженерные решения по снижению воздействий на ГТС.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

1. Впервые предложена и теоретически обоснована технология снижения ледовых нагрузок на ГТС за счёт перфорации льда с помощью ИВО, что позволяет целенаправленно снижать прочностные характеристики ледового покрова.
2. Разработаны аналитические зависимости для оценки горизонтальных усилий, передаваемых через перфорированный лёд на наклонные поверхности ГТС при разрушении льда изгибом.
3. Впервые проведён комплекс полевых экспериментов и лабораторных испытаний (в ледовом бассейне ААНИИ), подтвердивших эффективность технологии и позволивших оценить стабильность распределения ИВО при проходе судна.
4. Создана и верифицирована четырёхслойная конечно-элементная модель льда с ИВО в программном комплексе Abaqus FEA, учитывающая температурную стратификацию, пористость, плотность и модуль упругости льда.
5. Разработана методика подбора параметров ИВО (диаметр, плотность, погружение, коэффициент адгезии) с учётом климатических условий и характеристик акватории.

6. Проведена виртуальная апробация технологии в условиях порта Сабетта с использованием моделирующей среды, что подтвердило снижение нагрузок на ГТС в 3,2–4,6 раза.

Методологическая надёжность обеспечена сочетанием теоретических, экспериментальных и численных методов:

- теоретический анализ основан на механике разрушения и теории пластин на упругом основании;
- эксперименты проведены в соответствии с общепринятыми методиками (разрушение клавиш льда на воде);
- численное моделирование выполнено с использованием сертифицированного ПО и прошло верификацию по экспериментальным данным (отклонение $\leq 2\%$).

Практическая значимость работы высока:

- технология не требует привлечения ледоколов, может применяться автономно;
- позволяет снизить капитальные и эксплуатационные затраты при проектировании и реконструкции портов в Арктике;
- разработанные рекомендации и формулы могут быть внедрены в нормативные документы по проектированию ГТС в ледовых условиях;

Публикационная активность соответствует требованиям ВАК: опубликовано 3 статьи в журналах из перечня ВАК, а также 2 статьи опубликованные в журналах, индексируемых в международных реферативных базах Scopus, Web of Science, 10 других публикаций, включая патент и свидетельства о регистрации ПО.

Некоторые замечания по работе:

1. В автореферате недостаточно подробно раскрыта долговечность искусственно вмороженных объектов в условиях многолетней эксплуатации.
2. Не рассмотрено влияние ледового сжатия (давления со стороны внешнего ледяного поля), которое в реальных условиях может доминировать над изгибом. Технология требует дополнительной проверки при режиме сжатия.

Тем не менее, эти замечания не снижают общую научную и инженерную ценность работы, а скорее указывают на направления её дальнейшего развития.

Заключение:

Диссертационная работа И.Д. Казунина выполнена на высоком научно-техническом уровне, отличается новизной, междисциплинарным подходом и практической направленностью. Все защищаемые положения обоснованы теоретически и подтверждены экспериментально. Автор продемонстрировал глубокие знания в области гидротехники, ледовых процессов и численного моделирования.

Считаем, что диссертация заслуживает положительной оценки, а автор — присуждения учёной степени кандидата технических наук по

специальности 2.1.6 – Гидротехническое строительство, гидравлика и инженерная гидрология.

Кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры сельскохозяйственного
водоснабжения, водоотведения, насосов
и насосных станций
ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева»
(127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49,
тел. +7(499) 976-07-10,
e-mail: dbenin@rgau-msha.ru) Бенин Д.М.

Старший преподаватель кафедры
сельскохозяйственных мелиорация
ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева»
(127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49,
тел. +7 (499) 976-07-10, доб. 1634,
e-mail: kuzina_om@rgau-msha.ru) Кузина О.М.

