

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Ковалева Сергея Михайловича на тему:
«Определение прочности льда при сжатии в натуральных условиях с помощью скважинного зонд-индентора», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Диссертация С. М. Ковалева посвящена экспериментальному определению прочности льда в натуральных условиях. Тематика работы, безусловно, очень актуальна, поскольку большинство известных экспериментов, направленных на определение прочностных свойств льда – это лабораторные эксперименты. При лабораторных экспериментах образец находится в весьма специфических условиях, поскольку обычно при испытаниях на гидравлическом прессе изучается одноосное сжатие. Очевидно, что напряженно-деформированное состояние образца, возникающее при лабораторных исследованиях, как правило, не имеет ничего общего с тем, которое возникает в природных условиях. Поэтому важной задачей является определение прочностных характеристик льда при сжатии в натуральных условиях. Результаты этих исследований нужны для расчета ледовых нагрузок, несущей способности льда и разработки новых критериев прочности ледяных полей. Практическая значимость работы не вызывает сомнений, поскольку в результате проведенных исследований для различных замерзающих морей России определены прочностные характеристики льда сжатие, изменчивость локальной прочности участка ледяного покрова, коэффициент снижения прочности морского льда в зимне-весенний период.

В качестве одного из главных достоинств работы следует отметить то, что все измерения проводились на основе новой оригинальной методики с использованием специально разработанного оборудования. Разработанная методика определения прочности льда при сжатии с помощью скважинного зонд-индентора внесена в международные и отечественные нормативные документы Методика исследований, а также этапы создания и усовершенствования необходимого оборудования подробно описаны в первой главе диссертации. Другое, не менее важное достоинство работы состоит в масштабности проведенных исследований. В первую очередь впечатляет география исследований. Исследования проводились в Каспийском море, в Карском море, в Беринговом море, в Проливе Невельского у острова Сахалин, в Море Лаптевых, в Баренцевом море и в Центральной Арктике. При ближайшем рассмотрении впечатляет и количество экспериментов, проведенных в ходе каждой экспедиции. Результаты натуральных экспериментов представлены во второй главе диссертации. Понятно, что один человек не мог справиться с таким объемом работы, и в диссертации содержатся экспериментальные данные, полученные усилиями многих участников экспедиций. Заслуга автора диссертации состоит в том, что он провел тщательный и разносторонний анализ экспериментальных данных, систематизировал их и представил в форме, доступной для широкого круга читателей. Результаты анализа экспериментальных данных представлены в третьей главе диссертации. Третья глава содержит зависимости локальной прочности от температуры и солёности льда, анализ строения зон смятия, образующихся при внедрении индентора, анализ размеров зон деформированного и разрушенного льда, исследование

анизотропии локальной прочности льда, а также анализ влияния скорости внедрения индентора на локальную прочность льда. Все перечисленные результаты являются новыми. Отдельного упоминания заслуживает сравнение локальной прочности с прочностью льда при одноосном сжатии. Оказывается, что эти две характеристики отличаются весьма существенно. Это означает, что исследования локальной прочности являются не просто полезными, а совершенно необходимыми.

По работе есть несколько замечаний, которые являются скорее даже не замечаниями, а вопросами, которые возникают у теоретика при чтении экспериментальной работы.

1. На стр. 29 написано: «Другим важным фактором явилось малое развитие вторичной пористости во льду вследствие радиационного прогрева». Чем вторичная пористость отличается от первичной пористости? Как по образцу можно определить, первичная пористость или вторичная, и в результате чего она образовалась?
2. На стр. 32 написано: «Текстура льда характеризовалась началом развития стоковых русел через всю толщу ровного льда (рисунок 2.4)». Как происходит процесс образования стоковых русел, и какие факторы на него влияют?
3. На стр. 36 написано: «Поскольку радиационный прогрев льда происходил в результате поглощения солнечной радиации жидкой фазой, то слои с наибольшим ее содержанием прогревались быстрее остальных. Это, в свою очередь, приводило к увеличению ее содержания в этих слоях и интенсификации миграции в нижние слои ледяного покрова». Как зависит прогрев жидкой фазы от того, на какой глубине она находится? От каких параметров зависит скорость миграции жидкости по толщине льда?
4. На стр. 48 написано: «Быстрый рост льда и наличие в 4 км полыньи, создали условия для формирования слоистого льда». Почему наличие полыньи приводит к слоистости льда? Это связано с течением воды подо льдом вблизи полыньи, с испарением воды с поверхности полыньи или с чем-то еще? Чем различается процесс формирования льда вблизи полыньи и вдали от нее? На каком расстоянии полынья влияет на процесс формирования льда?
5. На стр. 51 написано: «Формирование этого слоя протекало до полного покрытия льдом акватории бухты, после чего был окончательно сформирован подледный слой зимнего конвективного перемешивания, и начался процесс зарождения и роста волокнистых кристаллов». Что такое подледный слой зимнего конвективного перемешивания и как он влияет на рост волокнистых кристаллов? Как происходит формирование льда до того, как сформировался подледный слой зимнего конвективного перемешивания?
6. На стр. 70 написано: «Во-первых, в результате внедрения индентора образуются три зоны деформированного и разрушенного льда по мере удаления от стенки скважины: зона разрушения смятием (дроблением), зона радиальных трещин и зона упругого поведения льда». Кажется очевидным, что размер этих зон должен очень существенно зависеть от размеров и формы индентора. Из каких соображений выбирался индентор? Проводились ли эксперименты с использованием разных инденторов?

7. На стр. 75 написано: «По разным литературным данным локальная прочность превышает прочность образцов льда при одноосном сжатии в 2 ... 5 раз». В работе приведено несколько возможных причин этого отличия. Но все-таки возникает вопрос: Что считается началом разрушения при натуральных экспериментах, и насколько легко можно зафиксировать момент начала разрушения? Может быть, разрушения удастся зафиксировать, когда они уже достаточно большие, а какие-то более мелкие разрушения, возникающие при меньших нагрузках, остаются незамеченными?

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертация хорошо структурирована, написана хорошим литературным языком и снабжена большим количеством графиков и полезных иллюстраций. Считаю, что эта работа может быть полезна широкому кругу читателей, прежде всего инженерам-расчетчикам и создателям специализированных пакетов прикладных программ. Она также может быть интересна ученым, работающим в области создания новых моделей деформируемых твердых тел. Полагаю, что данная работа должна быть опубликована в качестве монографии, а возможно, и в качестве учебного пособия для студентов соответствующих специальностей.

Диссертация Ковалева Сергея Михайловича на тему: «Определение прочности льда при сжатии в натуральных условиях с помощью скважинного зонд-индентора» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Ковалев Сергей Михайлович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета,
доктор физико-математических наук, доцент,
профессор Высшей школы теоретической механики
Санкт-Петербургского политехнического
университета Петра Великого

Е. А. Иванова

28.02.2021

