



## О ТЕХНИЧЕСКОМ СОСТОЯНИИ МОСТОВ БЕЛОМОРСКО-БАЛТИЙСКОГО КАНАЛА

Общий вид автодорожного разводного моста шлюза №2 со стороны шлюзовых ворот нижнего бьефа.

### Краткая история сооружений Беломорско-Балтийского канала

Пеший путь, соединяющий Балтийское и Белое моря впервые упоминался еще в 17 веке. Идея строительства судоходного канала возникла у Петра I во время Северной войны, однако только в 19 веке проектирование сооружений канала началось «на бумаге» (сохранились упоминания о четырех проектах, первый из которых датирован 1800 годом). Ни один из проектов того времени не был реализован царским правительством из-за чрезвычайно высоких финансовых и трудовых затрат.

Новая Советская стройка, начавшаяся в 1931 году, в основном велась заключенными ГУЛАГа (Беломорско-Балтийским подразделением, ББЛАГ). Канал протяженностью 227 км был построен в кратчайший срок — за 21 месяц. Только по официальным данным за три года строительства канала умерло более 12 тысяч заключенных.

Начало эксплуатации канала привело к новому этапу развития региона вплоть

до 1941 года — от Белого моря до Онежского озера были заложены новые промышленные центры и поселения.

Позднее южная часть канала и прилегающий поселок Повенец были практически уничтожены за время Великой Отечественной войны, сквозное судоходство по каналу было восстановлено только 28 июля 1946 года.

С середины 1950-х годов на канале вели активную восстановительную работу специалисты крупнейших проектных институтов. На сооружениях канала построено значительное количество мостов, проекты которых были подготовлены «Союздорпроектом», институтом Ленгипростальпроект и др., среди их числа — разводные автодорожные мосты, воплотившие инновационные для своего времени технические решения, а так же уникальный Шиженский железнодорожный мост поворотной откатной системы.

Помимо мостов, в состав Беломорско-Балтийского канала входит более сотни искусственных сооружений (в том числе стационарных и разводных мостов). Канал играет важную роль в экономике Карелии и России. В настоящее время

значительные объемы средств направляются на реконструкцию сооружений канала и обеспечение безотказной работы гидротехнических сооружений.

### Автодорожный разводной мост шлюза №2

В ноябре 2011 года при совместном участии специалистов ООО «НПП ДНК» и сотрудников кафедры мостов и тоннелей СПбГАСУ было проведено обследование технического состояния поворотного моста шлюза №2.

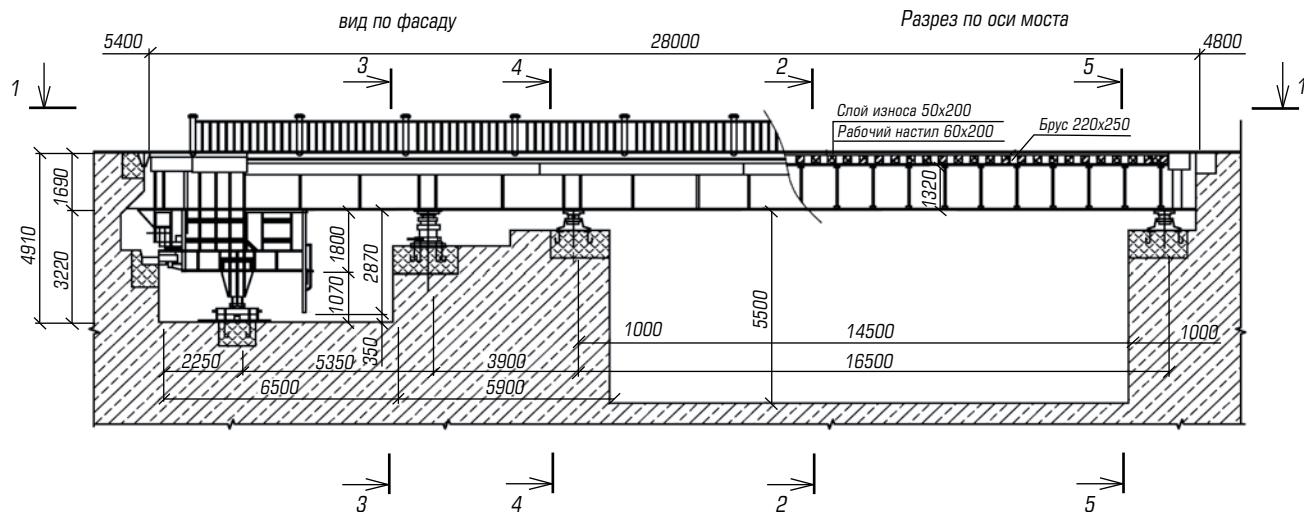
Основными целями обследования являлись:

- выявление дефектов и повреждений металлоконструкций пролетных строений и механизмов поворота, влияющих на безопасность, долговечность и грузоподъемность конструкций моста;

- определение фактического напряженно-деформированного состояния несущих элементов с учетом их фактического состояния (износа);

- оценка надежности и безопасности механического оборудования моста;

Общий вид автодорожного моста шлюза №2 ФБУ «Беломорканал»  
на а/д Р-5 «Вологда – Кириллов – Вытегра – Пудож – Повенец – Медвежьегорск»



**Конструкция разводного пролетного строения поворотной системы разводного моста шлюза №2**

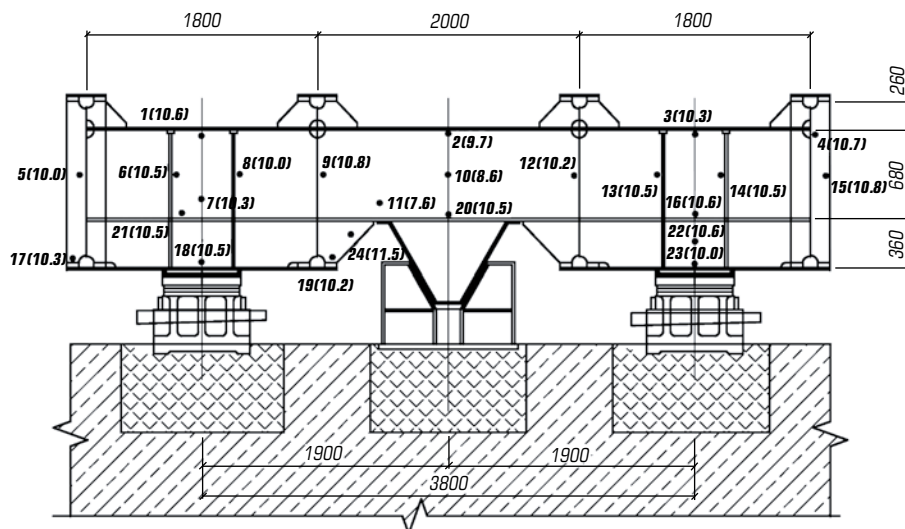
■ оценка технического состояния конструкции и параметров эксплуатационной надежности сооружения (способности выполнять свои функции при дальнейшей эксплуатации).

Программа работ включала детальные визуальные и инструментальные обследования несущих конструкций, и разводных механизмов моста.

При обследовании использовались средства неразрушающего контроля (переносной дефектоскоп «СКАРУЧ», ультразвуковой толщиномер А-1210, установка магнито-порошковой дефектоскопии), что позволило уточнить параметры обнаруженных дефектов и оценить степень их влияния на надежность сооружения.

Разводное пролетное строение моста поворотной системы в виде металлической цельносварной конструкции с проезжей частью габаритом 6 метров из дерева запроектировано и построено более 50 лет назад.

В числе дефектов, определяющих состояние сооружения необходимо отметить:



**Результаты измерения толщины основного металла концевой опорной диафрагмы разводного пролетного строения разводного моста шлюза №2**

■ недостаточную для дороги регионального значения ширину габарита проезжей части и отсутствие силовых ограждений;

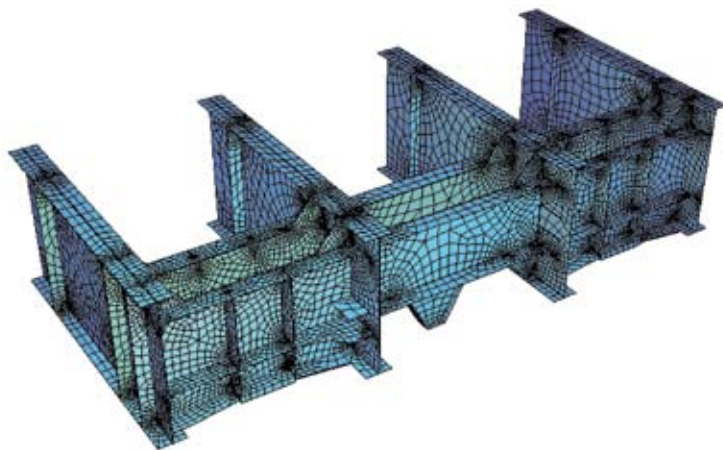
■ низкое качество основного металла и сварных соединений, значительное количество дефектов технологического

происхождения, требующих при эксплуатации в условиях, близких к условиям Крайнего Севера особого наблюдения за конструкцией в зимнее время;

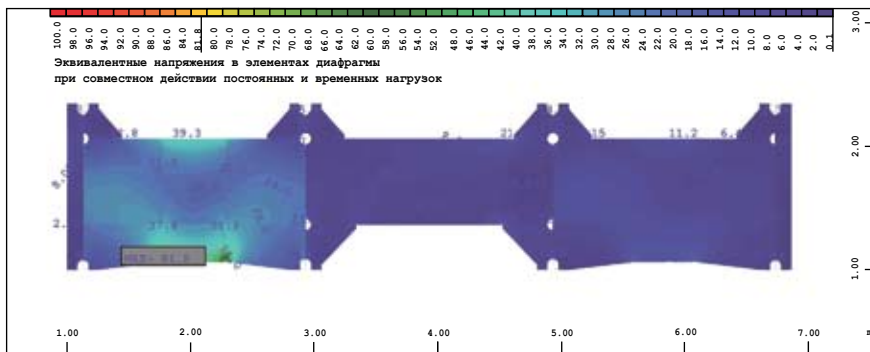
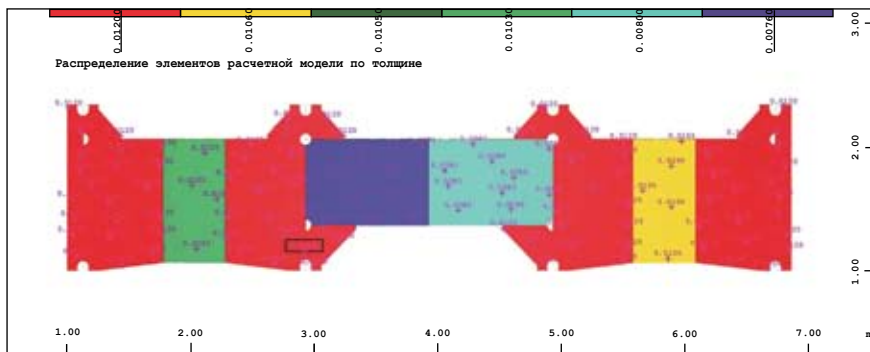
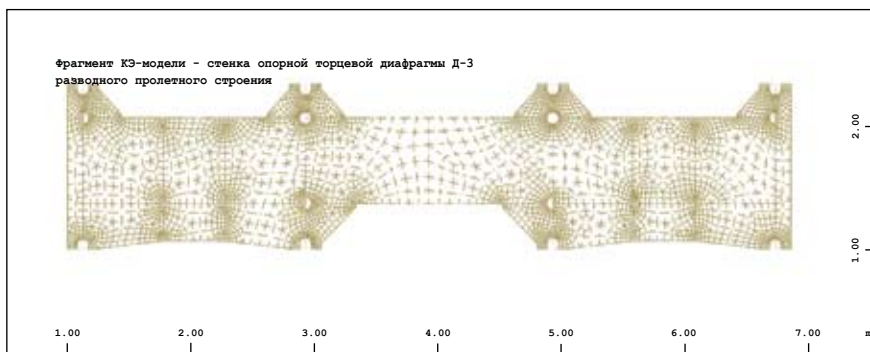
■ значительный коррозионный износ несущих элементов, обусловленный конструкцией поворотного про-



Наводка моста осуществляется поворотом пролетного строения на 90°



Фрагмент конечно-элементной модели, выполненной в SOFiStiK



Результаты анализа конечно-элементной модели опорной торцевой диафрагмы Д-3 с учетом коррозионного износа стенок.

летного строения, негерметичностью конструкций проезжей части и деформационных швов, незначительной стойкостью примененных сталей к коррозии и невысоким качеством защитных покрытий;

■ значительный, с учетом непрерывной эксплуатации в течение 50 лет, износ механизмов разводного пролетного строения (поверхностей качения, зубчатых передач, валов, подшипников).

### Исследование параметров напряженно-деформированного состояния

Оценка грузоподъемности моста, классификация его элементов по грузоподъемности потребовали детального учета имеющихся в конструкции дефектов и повреждений и точного определения параметров напряженно-деформированного состояния несущих элементов.

В качестве основного инструмента для анализа статической работы сооружения был выбран комплекс программ конечно-элементного анализа SOFiStiK (Германия), с 2007 года используемый на кафедре мостов и тоннелей СПбГАСУ для решения наиболее ответственных и сложных задач.

Для оценки общей грузоподъемности моста была разработана пространственная стержневая модель балочного пролетного строения.

Модель пролетного строения учитывала следующие виды нагрузок:

- постоянные нагрузки (вес дощатого настила, поперечин, главных балок и связей, элементов заполнения противовеса);
- временные подвижные нагрузки по схемам Н-13, АК, НК;
- нагрузку от винтовых домкратов, возникающую при подклинке противовеса;
- изменения температуры пролетного строения.

Кроме того, расчетом учитывалась возможность изменения статической схемы моста при разводке и наводке пролетного строения с учетом передачи веса пролетного строения на шарнирную пятю.

Кроме этого, был выполнен дополнительный анализ прочности и устойчивости опорных диафрагм пролетного строения, состояние которых, ввиду значительного коррозионного

износа вызывало опасения. Модели диафрагм и участков главных балок были построены из конечных элементов — оболочек с учетом данных визуального осмотра, обмеров и ультразвуковой толщинометрии. Расчет устойчивости элементов с заданными параметрами повреждений (деформации, коррозионные повреждения) стенок и ребер производился по деформированной схеме.

Расчетом было показано, что, несмотря на значительный коррозионный износ стенок главных балок, опорных диафрагм, их несущая способность достаточна для безопасной эксплуатации моста, а неудовлетворительное техническое состояние этих элементов определяется, в основном, критериями долговечности.

В то же время, результаты проведенных расчетов подтвердили предположение о недостаточной общей грузоподъемности моста, что, в первую очередь, определяется моральным износом сооружения, запроектированного по нормам и под нагрузки 1948 года. Эксплуатирующей мост организации было рекомендовано ввести ограничение грузоподъемности и скорости движения на мосту, а

так же установить соответствующие дорожные знаки.

### **Выводы и заключения**

Очевидно, что техническое состояние сооружений Беломорско-Балтийского канала, являющихся потенциально опасными объектами стратегического значения, должно соответствовать критериям безопасности и обеспечивать достаточный запас прочности для предотвращения чрезвычайных ситуаций в долгосрочной перспективе.

Должное внимание при этом необходимо уделять и вопросам эксплуатации разводных и стационарных пролетных строений мостов, являющихся неотъемлемой частью комплекса сооружений канала.

Необходимо отметить, что практически на протяжении всего периода эксплуатации сооружений Беломорско-Балтийского канала, краеугольным камнем отношений администрации области и руководства канала была проблема пересечения канала автомобильными дорогами. Недавнее завершение строительства современных автодорожных мостов на шлюзах

№10 и №19 позволило большей частью решить проблему транспортного сообщения, однако вопросы содержания автодорожных мостов на канале в ряде случаев отодвинуты на второй план.

Стратегия эксплуатации, в условиях ограниченного финансирования нацеленная в основном на обеспечение безотказной работы гидротехнических сооружений, механизмов шлюзов и разводных мостов обязана учитывать растущие потребности региона в безопасном и бесперебойном транспортном сообщении.

Пренебрежение вопросами оценки и поддержания транспортно-эксплуатационного состояния автодорожных мостов в таком случае может привести к ускоренному износу их элементов, преждевременному выходу сооружений из строя и существенному росту затрат на содержание и эксплуатацию.

**Ярошутин Д.А., эксперт ПК SOFiSTiK,  
зам. декана, ст. преп. кафедры  
«Мосты и тоннели» АДФ СПбГАСУ;  
Матюхин А.Д., к.т.н., доцент,  
зам. ген. дир. по научной работе  
(ООО «НПП ДНК»)**