

Обоснование продления срока эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин

М.А. Бандурин, И.П. Бандурина

Протяженность речной сети на территории Российской Федерации (РФ) более 2,37 млн. км включающая в себя свыше 125 тыс. рек которые могут быть использованы для судоходства. Длина внутренних судоходных путей всей РФ составляет более 100 тыс. км, наиболее важные на юге РФ включают в себя шлюзованные участки водной системы р. Дон и его притока р Северский Донец.

При шлюзовании наибольшее распространение нашли в качестве регулирующего органа управления сооружения водосливы низконапорных щитовых плотин с металлическими поворотными фермами, предложенными французским инженером – В.П. Поаре в качестве несущих конструкции [1]. Отдельные сооружения, построенные еще в конце XIX века для судоходства, используются при шлюзовании для обеспечения технической судоходной глубины на подпертых участках рек по настоящее время. Например, только в водном бассейне Нижнего Дона построено в середине XX века 8 гидроузлов. Наиболее крупные из них, для поднятия уровня воды для судоходства - Кочетовский, Апаринский, Николаевский, Краснодонецкий.

С середины XX века конструктивная схема данной низконапорной щитовой плотины с металлическими поворотными фермами получила большое применение сначала не только на судоходных, но и затем ее стали активно применять на малых реках с максимальным расходом около 1% обеспеченности до 400 м³/с. Такое распространение обусловлено простотой монтажа и дальнейшей эксплуатацией, что очень важно, так как большинство объектов находятся далеко от индустриальных центров, а также

надежностью конструктивных элементов. Быстрота технологической выполняемости разборки-сборки, возможность мобильного регулирования расходов стока в широком диапазоне, а также высокий уровень безопасности в случае катастрофического паводка и экономическая целесообразность применения плотины, являются одними из главных достоинствами ее использования. Учитывая возможность выполнения быстрой разборки и сборки металлических ферм с освобождением всего сечения русла реки для пропуска ледохода и продолжительный срок эксплуатации, применение их и в дальнейшем целесообразно, особенно применимо для мобильной ликвидации возникающих чрезвычайных ситуаций, для рек с высокой сезонной вероятностью схода катастрофических паводков на юге РФ [2].

Наибольшее распространение, при оценке остаточного ресурса несущих элементов конструкций водопроводящих сооружений, имеет интегральная оценка риска аварии [3]:

Она позволяет установить безопасный срок продолжительности их технической эксплуатации, либо применить различные технические ограничения как к самому сооружению либо к его отдельным элементам [4].

Остаточный ресурс для безопасной технической эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин устанавливается как функции системного анализа с последующей разработкой структурно-аналоговой схемы статической и динамической систем с выделением отдельно подсистем от различных сочетаний усилий на конструкционную схему. Производится классификация ресурса системы, является надежность ее элементов, а именно безотказность эксплуатации во времени. Данные технические условия определяются, когда каждый элемент системы может безопасно производить эксплуатацию в работоспособном состоянии, избегая критического состояния или отказа [5].

Коэффициент надежности подсистемы, характеризующий работоспособность $R_{n.c.}$: $R_{n.c.j} = 1 - \Phi_{n.c.}$

где $\Phi_{n.c.}$ – физический износ или отказ элементов системы или подсистемы,

который определяется по формуле:

$$\Phi_{n.c.} = \frac{\sum_{j=1}^m \Phi_{kj} \cdot Z_j}{\sum_{j=1}^m Z_j}$$

Φ_{kj} – физический износ сооружений подсистемы различного характера;

Z_j – коэффициенты влияния различного характера сооружений на состояние других;

m – количество видов элементов в сооружениях.

Произведя последующее моделирование эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин на ЭВМ можем, получить критерии физического износа отдельных элементов [6, 7]. Одной из главных проблем определения остаточного ресурса является определение физического износа сооружения в целом во времени. Была разработана модель плотины (рис. 1) с различными сочетаниями, как с нагружениями, так и с дефектами от долгой эксплуатации.

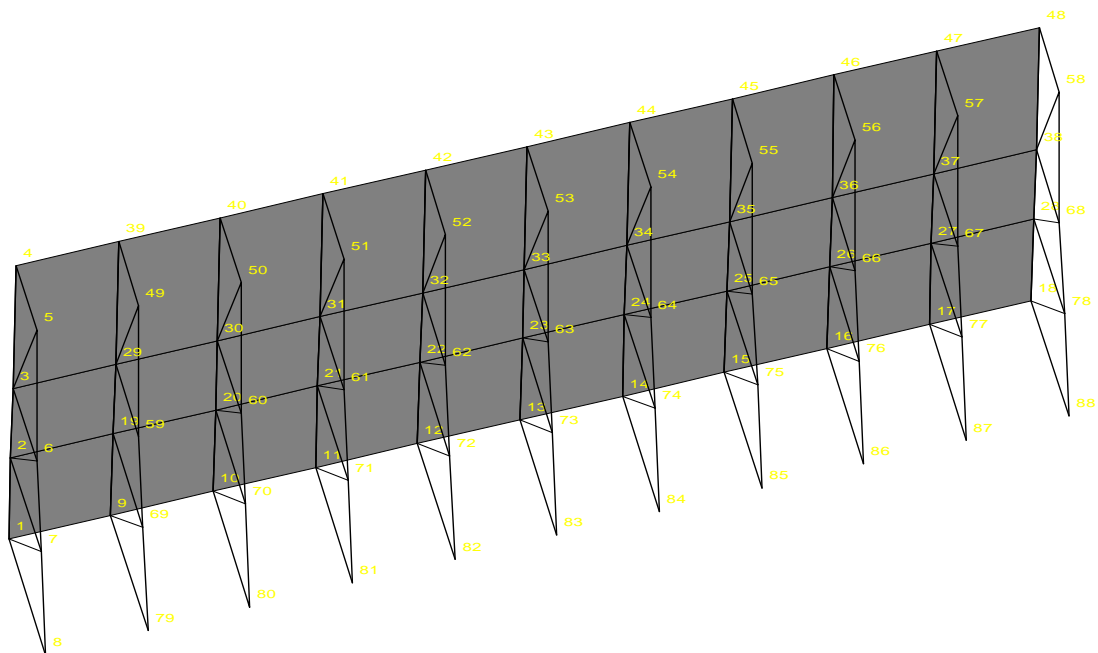


Рис. 1. Общий вид модели на ЭВМ сборной водоподъемной низконапорной щитовой плотины

Физический износ сооружений [8, 9]:

$$\Phi_{kj} = \sum_{i=1}^n \Phi_i \cdot \frac{P_i}{P_k}$$

где Φ_i – физический износ элементов сооружения;

P_i – размеры (площадь или длина) поврежденного участка, m^2 или m ;

P_k – размеры всей конструкции, m^2 или m ;

n – число поврежденных участков.

В ходе проделанного расчета получены эпюры различных сочетаний усилий (рис. 2 - 6) от комбинаций сочетаний, как нагрузок, так и различных дефектов плотины.

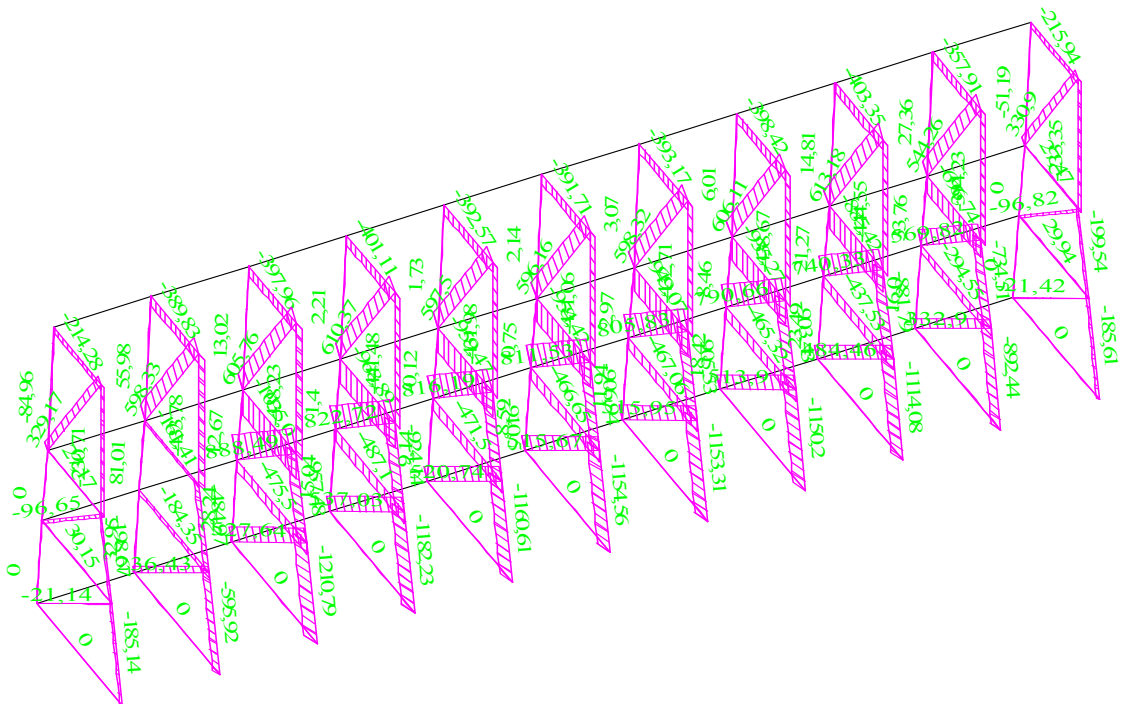


Рис. 2. Эпюра растягивающих и сжимающих усилий

По эпюрам усилий (рис 2 - 6) можно классифицировать техническое состояние каждого элемента, например как стержней, так и пластин, при различных как небольших дефектах, так и опасных повреждениях элементов, входящих в конструкцию [10, 11].

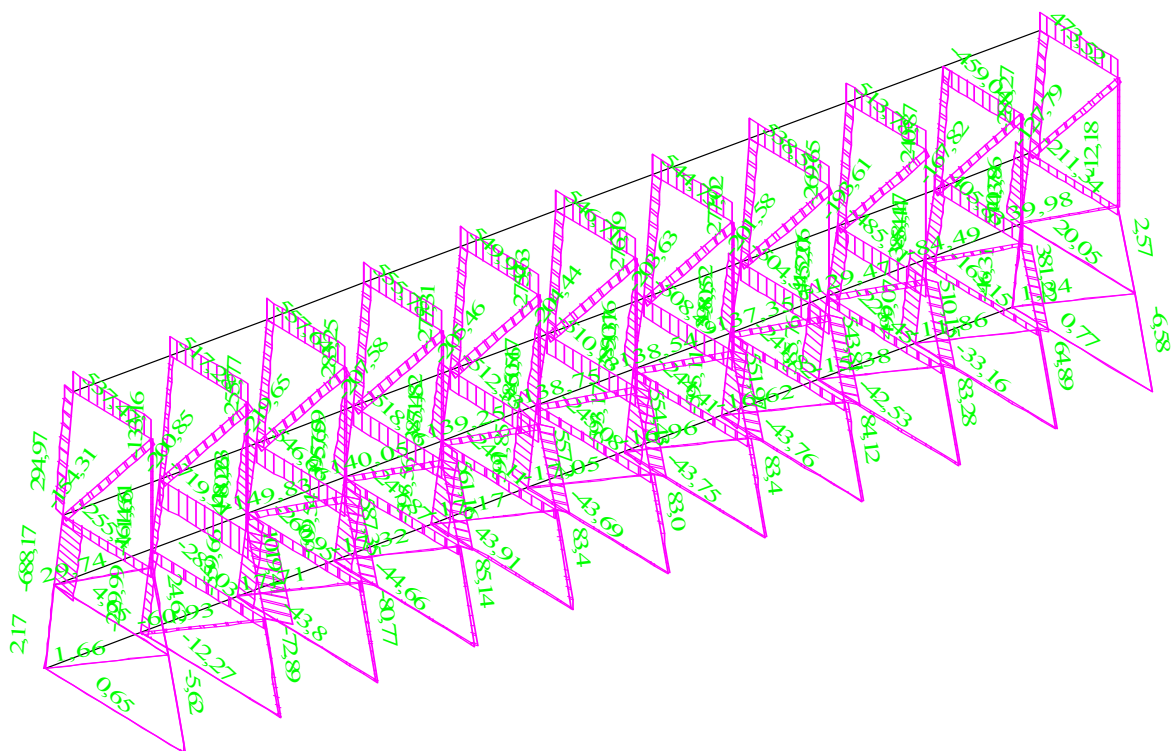


Рис. 3. Эпюра перерезывающих усилий

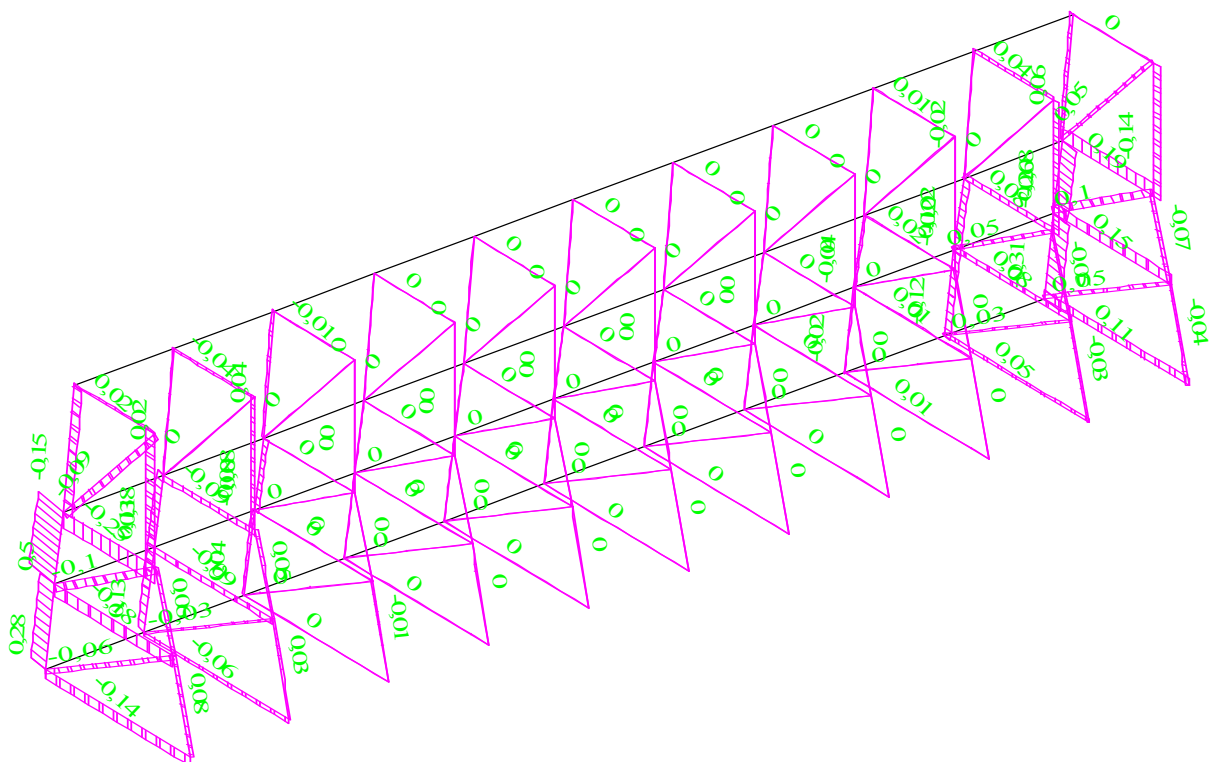


Рис. 4. Эпюра крутящего момента

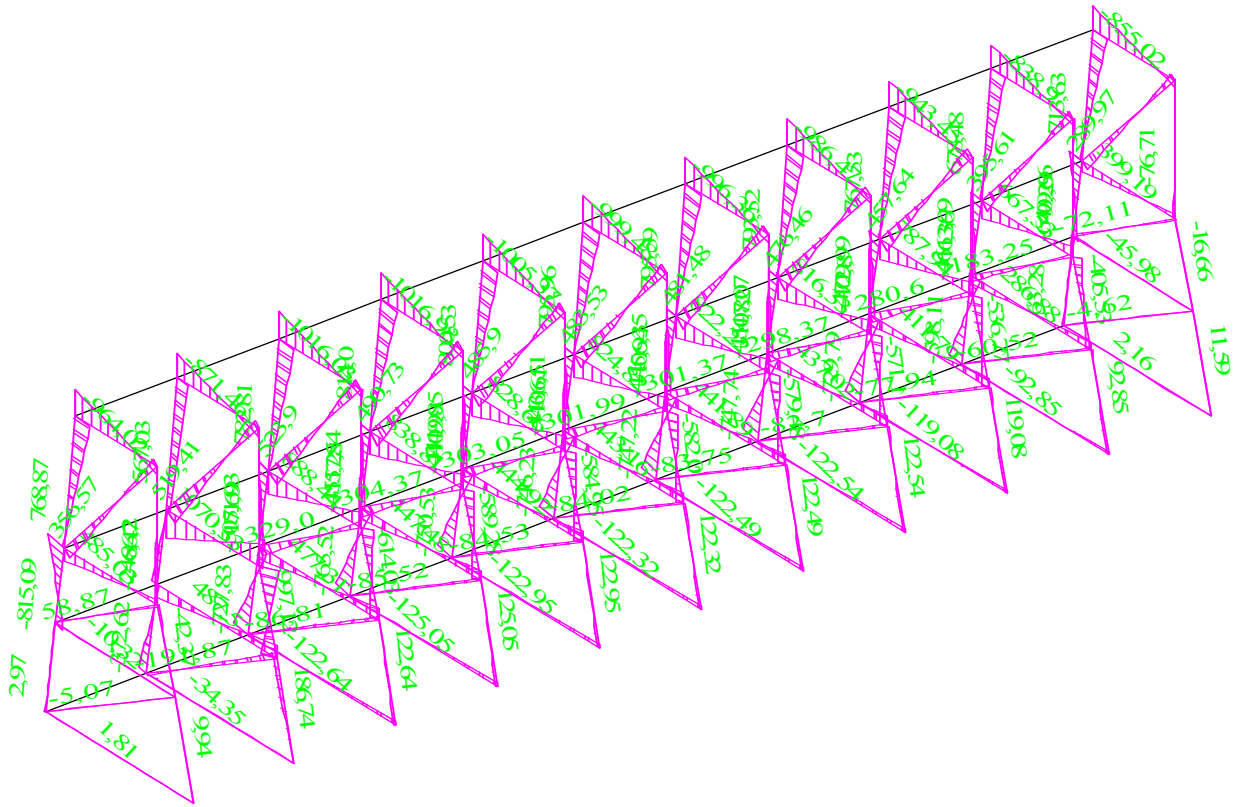


Рис. 5. Эпюра изгибающего момента вокруг по горизонтали сооружения

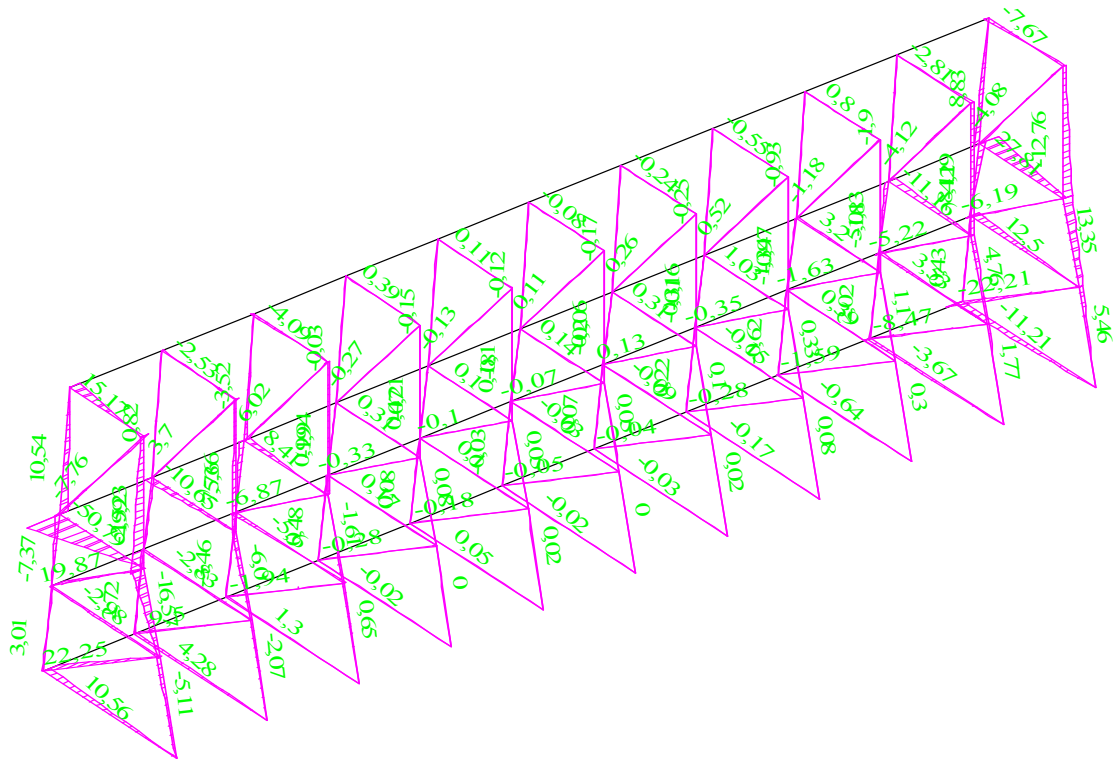


Рис. 6. Эпюра изгибающего момента вокруг по вертикали сооружения

В ходе моделирования получены изополя напряжений (рис. 7 - 8) несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин для последующего прогнозирования обоснования продления срока надежной их эксплуатации [12].

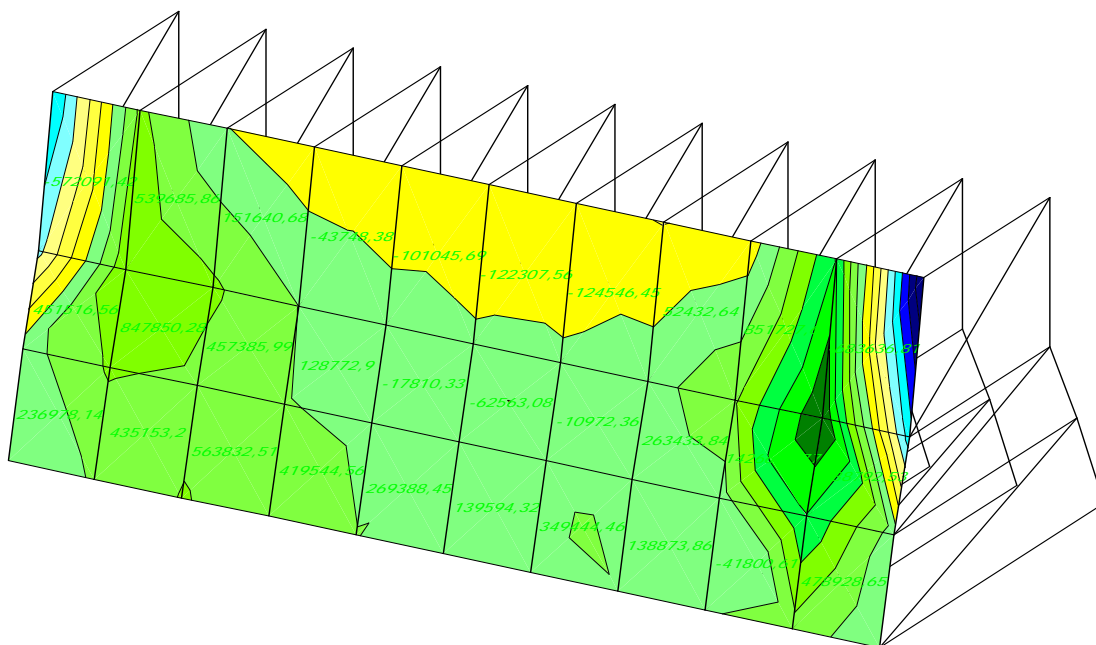


Рис. 7. Эпюра изополей напряжений по горизонтали сооружения

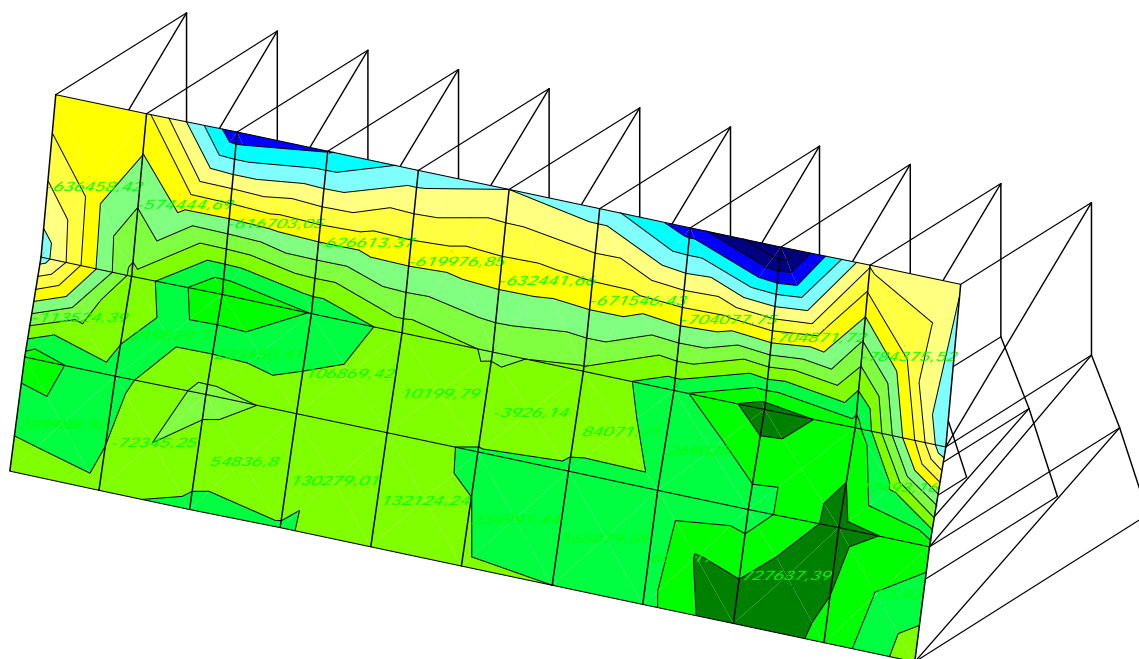


Рис. 8. Эпюра изополей напряжений по вертикали сооружения

Эпюра изополей перемещений (рис. 9) отвечает за надежность сооружения, зависящую от жесткости, как отдельных элементов, так и всей конструкции в целом [13, 14].

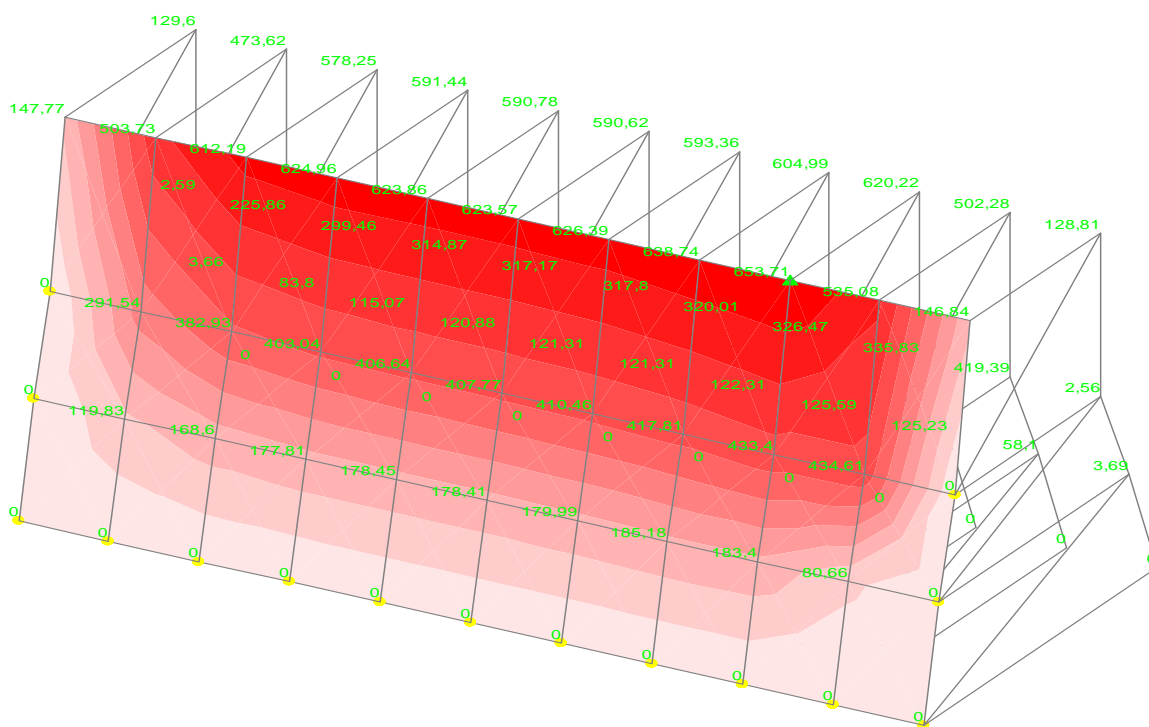


Рис. 9. Эпюра изополей перемещений элементов

Разработана концепция обоснования продления срока эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин, на примере несущих отдельных конструкций-элементов, сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин, основанная на моделировании процесса нагружения от различных дефектов и повреждений вследствие длительной эксплуатации. Данное обоснование основано на моделировании, учитывающем различные характеры изменения во времени различных силовых нагрузок на сооружение в целом.

Допустимое обоснование продления срока эксплуатации несущих конструкций сборных водоподъемных низконапорных щитовых плотин устанавливается на основании установленного порядка расчетно-экспериментальных исследований.

Литература:

1. Wright A.G. International team to plug leaky dam with secant pile wall / ENR. 2002. V. 248. № 24. P. 14.
2. Бандурин М.А. Совершенствование методов проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений [Текст] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2013. № 1. С. 68-79.
3. Бандурина И.П. Социальный капитал и социальный контроль в экономике России: роль экологических организаций [Текст] // Вестник Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института). Серия: Социально-экономические науки. 2011. № 3. С. 293-299.
4. Бандурин В.А. Численное моделирование объемного противодиффузионного геотекстильного покрытия с изменяемой высотой ребра [Электронный ресурс] / В.А. Бандурин, М.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2013, №4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/1911> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Бандурин М.А. Проблемы оценки остаточного ресурса длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений [Электронный ресурс] / М.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2012, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/891> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
6. Бандурин М.А. Особенности технической диагностики длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений [Электронный ресурс] / М.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2012, № 2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/861> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
7. Бандурин М.А. Мониторинг и расчет остаточного ресурса аварийных мостовых переездов через водопроводящие сооружения [Электронный

ресурс] / М.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2012, № 4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1260> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

8. Fairbairn E.M. Numerical simulation of dam construction using low-CO₂-emission concrete / E.M. Fairbairn, I.A. Ferreira // *Materials and Structures Materiaux et Constructions*. 2010. V. 43. № 8. P. 1061-1074.

8. Бандурин М.А. Мониторинг напряженно-деформированного состояния мостовых переездов на водопроводящих каналах [Текст] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 4. С. 110-124.

9. Дьяченко В.Б. Мониторинг длительно эксплуатируемых мелиоративных систем с помощью неразрушающих методов диагностики [Текст] / В.Б.

Дьяченко, М.А. Бандурин. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2009. Т. 1. № 21. С. 169-171.

10. Бандурин В.А. Методы моделирования напряженно-деформированного состояния для определения остаточного ресурса железобетонного консольного водосброса при различных граничных условиях [Электронный ресурс] / М.А. Бандурин, В.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2013, №4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2039> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

11. Бандурин М.А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений [Электронный ресурс] / М.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2013, №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1510> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

12. Бандурин М.А. Применение программно-технического комплекса для решения задачи проведения эксплуатационного мониторинга и определения остаточного ресурса водопроводящих сооружений [Электронный ресурс] / М.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4. – Режим доступа:

<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1200> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

13. Бандурин М.А. Конечно-элементное моделирование напряженно-деформированного состояния Ташлинского дюкера на Право-Егорлыкском канале [Электронный ресурс] / М.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2012, №3. – Режим доступа:

<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/889> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

14. Бандурин М.А. Проблемы определения остаточного ресурса технического состояния закрытых водосбросов низконапорных гидроузлов [Электронный ресурс] / М.А. Бандурин // «Инженерный вестник Дона», 2014, №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2014/2279> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.