

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МОСТОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ. ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Янушкевич К.Е., Рахунок К.А.

(научный руководитель – Каменецакая К.М.)

Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

Введение. Термомеханические эффекты являются важным фактором, влияющим на прочность и устойчивость мостовых конструкций. Тепловые воздействия, такие как колебания температуры, приводят к изменению физических свойств материалов и вызывают дополнительные напряжения, которые могут значительно влиять на поведение конструкций.

Влияние температуры на материалы мостовых конструкций. Температура оказывает существенное воздействие на физические свойства материалов, используемых в строительстве мостов. Основные материалы, такие как бетон и сталь, имеют различные коэффициенты температурного расширения α . Это означает, что при изменении температуры происходит изменение размеров элементов моста, что может привести к деформациям и напряжениям в конструкциях.

Бетон, используемый в большинстве современных мостов, подвержен усадке и расширению при изменениях температуры. Эти процессы могут вызвать появление трещин и снижение прочности бетона. Стальные элементы также подвержены термическим воздействиям, которые могут приводить к изменениям механических свойств стали, таким как прочность и пластичность.

Климатические изменения и их последствия для мостов. Изменение климата влечет за собой увеличение частоты экстремальных погодных явлений, таких как сильные морозы, жара, наводнения и штормовые ветра.

Наводнения приводят к повышению уровня воды и увеличению давления на опоры мостов, что может вызывать их смещение или разрушение. Штормовые ветра создают значительные аэродинамические нагрузки, способные повредить несущие элементы мостов.

Основные типы повреждений, возникающие под воздействием высоких температур и климатических факторов:

- тепловое расширение/сжатие;
- коррозионная активность металлов;
- изменение физико-механических характеристик бетона;
- возникновение усталостных трещин.

Методы термомеханических исследований. Для оценки влияния температуры и климатических изменений на мостовые конструкции применяются разнообразные методы исследований. Одним из основных является мониторинг температурных полей и деформаций в элементах моста с помощью датчиков. Это позволяет отслеживать изменения состояния конструкции в режиме реального времени и своевременно выявлять потенциальные проблемы.

Также используются численные методы моделирования, позволяющие прогнозировать поведение мостов при различных температурных режимах и климатических условиях. Такие модели учитывают механические характеристики материалов, геометрию конструкции и внешние воздействия.

Экспериментальные исследования включают испытания образцов материалов на стойкость к температурным нагрузкам, циклическим изменениям температуры и воздействию агрессивных сред.

Расчет на температурные воздействия в ПК Лира. В качестве примера разберем простую задачу расчета прямоугольной железобетонной плиты перекрытия размером 3х6м, толщиной 150мм. Обе стороны плиты свободно оперты по всей длине на ригеля. Район строительства – г. Минск. Эти параметры необходимы для принятия температурных характеристик в соответствии с СН 3.03.01-2019 «Мосты и трубы».

Нормативную температуру воздуха в теплое $t_{n,T}$ время года примем:

$$t_{n,T} = t_{VII} + 9 = 23 + 9 = 32^{\circ}\text{C},$$

где t_{VII} — средняя температура воздуха самого жаркого месяца.

Нормативную температуру в холодное время года $t_{n,X}$ будем считать равной -28°C , то есть расчетной минимальной температуре воздуха в районе строительства в соответствии с СНБ 2.04.02-2000 «Строительная климатология».

Влияние солнечной радиации на температуру элементов следует учитывать в виде дополнительного нагрева на 10°C освещенного солнцем поверхностного слоя толщиной $0,15\text{м}$.

Тогда, зададимся следующими нагрузками (рис. 1):

- собственный вес плиты;
- распределенная нагрузка $q = 2,5\text{т/м}^2$;
- температурное воздействие по полю пластины (теплое время года) $t_1 = 32^{\circ}\text{C}$, $t_2 = 42^{\circ}\text{C}$;
- температурное воздействие по полю пластины (холодное время года) $t_1 = -28^{\circ}\text{C}$, $t_2 = -18^{\circ}\text{C}$.

На рис. 1 приведена картина распределения моментов M_x от температурного воздействия по полю пластины в теплое время года. Наибольшему напряжению $1,6-1,78\text{т/м}$ подвергаются центральные части плиты в месте ее закрепления.

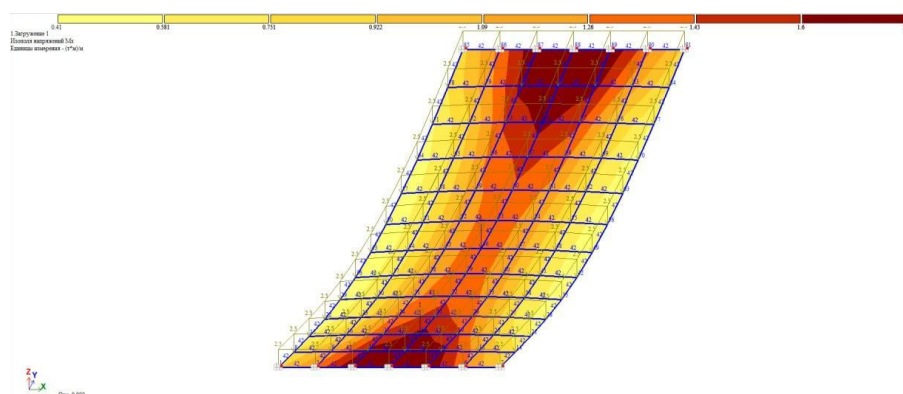


Рисунок 1. – Изополя напряжений M_x при температурном воздействии по полю пластины в теплое время года

На рис. 2 показана картина распределения моментов M_x от температурного воздействия по полю пластины в холодное время года. Наибольшему напряжению от $-1,21$ до $-1,06\text{ т/м}$ также подвергаются центральные части плиты в месте ее закрепления.

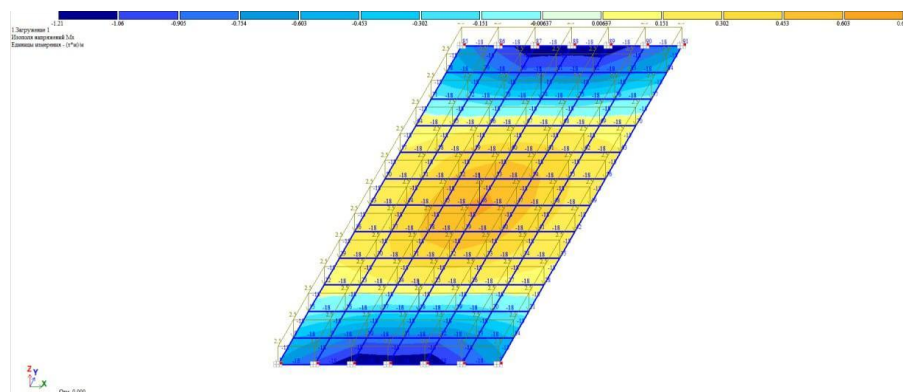


Рисунок 2. – Изополя напряжений M_x при температурном воздействии по полю пластины в холодное время года

Заключение. Анализ температурных воздействий на железобетонную плиту моста указывает на необходимость учета данных воздействий и других климатических изменений, что в дальнейшем требует разработки специальных методик проектирования и диагностики, обеспечивающих надежное функционирование мостов в современных условиях.

Будущие направления исследований включают углубленный анализ взаимодействия температурных полей и внутренних напряжений, а также разработку инновационных технологий повышения надежности мостов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мосты и трубы: СН 3.03.01-2019. – Введ. 31.10.2019 (с отменой ТКП45-3.03-232-2018). – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2019. – 278 с.;
2. Строительная климатология: СНБ 2.04.02 – 2000. – Введ. 07.12.2000 (с отменой в РБ СНиП 2.01.01-82 в части требований строительной климатологии). – Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2000. – 37 с.;
3. ЛИРА софт: [сайт]. – Москва, 2013–2025. – URL: <https://lira-soft.com/> (дата обращения: 14.04.2025).