

УДК 624.016

**НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЧЕНИЙ
ПЕРЕКРЫТИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА****Г.О. ЦИПАН***(Представлено: Д.Н. Лазовский, А.М. Хаткевич)*

На основе деформационной модели выполнен анализ напряженно-деформированного состояния поперечных сечений на примере фрагмента дерево-железобетонного перекрытия. При выполнении расчетов использовались полные диаграммы деформирования материалов, что приближает расчетную модель к реальной работе конструкций.

В предыдущей статье «Сопrotивление изгибу нормальных сечений перекрытий из древесины и железобетона» была представлена методика расчета деревянного ребристого перекрытия с монолитной железобетонной плитой на основе деформационной модели, позволяющая учесть диаграммы деформирования древесины, бетона и арматуры. Реализация деформационного метода расчета возможна в различных программных комплексах, в том числе и в Beta_4.0, разработанном в Полоцком государственном университете и позволяющем [1]:

- выполнять расчет нормальных и наклонных сечений железобетонных элементов по нормам проектирования Беларуси, России и Евросоюза;
- рассчитывать сечения произвольной формы с произвольным расположением арматуры различных классов, включая предварительно напряженную арматуру;
- задавать различные материалы арматуры и фрагментам бетона;
- рассчитывать сечения по прочности и трещиностойкости, включая определение ширины раскрытия трещины;
- определять кривизну нормальных сечений, продольную и изгибные жесткости, смещение нейтральной оси элемента, находить область допустимых эксцентриситетов, строить кривые взаимодействия для расчетного сечения.

При этом в режиме расчёта по произвольным диаграммам можно создать сечение из других материалов, включая древесину. Для этого необходимо знать следующие характеристики:

- прочность при сжатии и растяжении вдоль волокон;
- модуль упругости древесины;
- относительные деформации на сжатие и растяжение вдоль волокон.

На основании вышесказанного было предложено использовать программный комплекс Beta_4.0 для анализа напряженно-деформированного состояния дерево-железобетонных перекрытий. Создание типового сечения перекрытия выполнялось выбором из наиболее типовых проектных решений. Так, в частности, неизменными принимались:

- шаг балок деревянного перекрытия может быть от 30 см до 1,2 м, но чаще всего он выбирается в пределах 0,6-1,0 м. Для создания сечения был выбран шаг деревянных балок 900мм;
- размеры поперечного сечения деревянной балки - брус $b \times h = 175 \times 225$ мм [2];
- по деревянным балкам устроен настил из досок толщиной 35 мм. Он не участвует в работе сечения дерево-железобетонного перекрытия, служит своего рода опалубкой для железобетонной плиты, равномерно передает нагрузку от собственного веса бетонной стяжки и функциональной нагрузки на деревянные балки. В связи с вышесказанным сечение настила в общем сечении не создавалось.

Совместная работа железобетонной плиты и деревянной балки считается обеспеченной применением конструктивных мероприятий (устройством нагельных связей и т.п.). Варьируемым фактором принимался слой бетона, который для анализа был принят в трех вариантах: 50 мм (плита 1), 60мм (плита 2) и 70 мм (плита 3). Арматурная сетка в бетоне принималась из стержневой арматуры диаметром 8мм с ячейкой 200×200мм [3] на расстоянии 25 мм от наиболее сжатой грани сечения. Также был проверен свес полок в соответствии с [4].

Для анализа были приняты характеристики материалов согласно анализу возможных диаграммам деформирования древесины [5, 6], арматуры и бетона (рисунок 1). Далее был произведен расчёт и получены характер (причина) разрушения, сопротивление изгибу в предельной стадии по прочности, напряженно-деформированное сечение созданного сечения на всех этапах работы. Обладая такими данными, имеется возможность проводить оптимизационные расчеты по подбору наиболее рационального слоя бетона, проценту армирования, выполнять анализ проектируемых сечений, таблица 1. Примеры напряженно-деформированного состояния поперечных сечений в предельной стадии по прочности (рисунок 2).

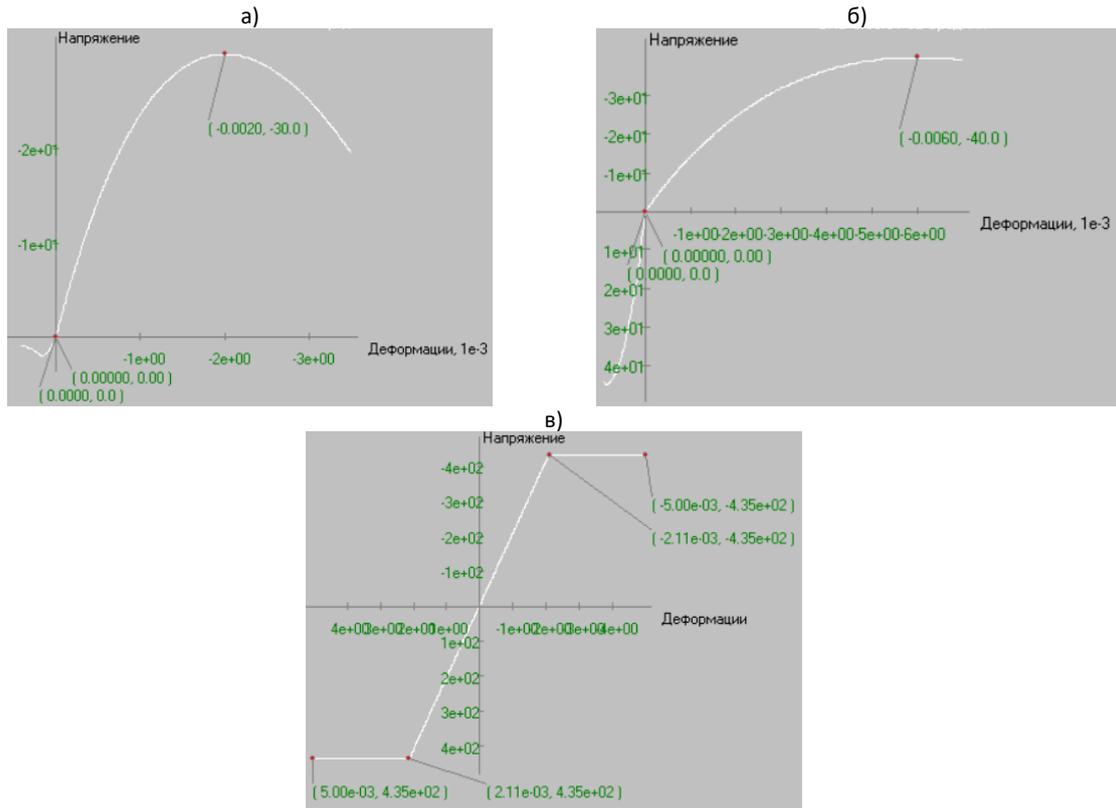


Рисунок 1. – Диаграммы деформирования бетона (а), древесины (б) и арматуры (в)

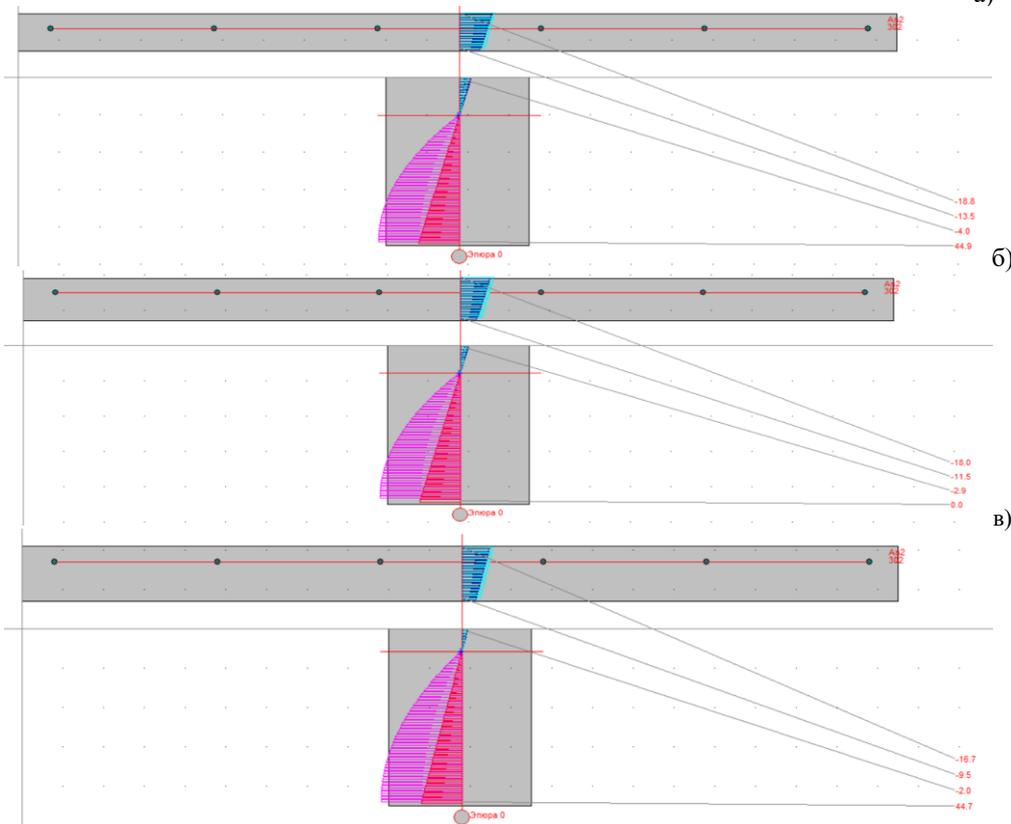


Рисунок 2. – Поперечное сечение деревобетонной плиты с толщиной бетона 50 мм (а), с толщиной бетона 60 мм (б), с толщиной бетона 70мм (в)

Таблица 1 – Результаты расчета дерево-железобетонного перекрытия (ширина 0,9м)

Сечение	Балка, b×h (мм)	Слой бетона, мм	Вес 1 м ² перекрытия, кг	Сопротивление изгибу M _{RD} , кНм	Причина разрушения
Плита 1	175×225	50	145,5	201,8	Деформации на растяжение в древесине достигли своих предельных значений
Плита 2	175×225	60	170,5	220,1	
Плита 3	175×225	70	195,5	232,91	

Заключение. Предложенный метод расчета позволяет выполнять анализ напряженно-деформированного состояния сечений дерево-железобетонных перекрытий при изгибе, используя полные диаграммы деформирования материалов, что приближает расчетную модель к действительной работе перекрытий и служит повышению надежности проводимых расчетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Программа расчета по нелинейной деформационной модели БЭТА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bizorg.su/produkty-programmnye-r/p18448538-programma-rascheta-po-nelineynoy-deformatsionnoy-modeli-beta>. – Дата доступа: 10.10.2023.
2. Деревянные конструкции = СП 5.05.01-2021 – Введ. 31.03.2021. – Минск: Минстройархитектуры, 2023. – 26-27 с.
3. Армирование стяжки пола сеткой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://polvam.ru/armirovanie-stjazhki-pola-setkoj-po-snip-osnovnye/>. – Дата доступа: 11.10.2023.
4. Бетонные и железобетонные конструкции = СП 5.03.01-2020 – Введ. 16.09.2020 – Минск: Минстройархитектуры, 2023.
5. Вареник, К. А. Аппроксимация диаграммы деформирования древесины / К. А. Вареник // Вестник Новгородского государственного университета. – 2013. – № 75-1. – С. 60-64. – EDN SBMZXP.
6. Немировский, Ю. В. Сложный изгиб гибридных деревянных брусьев / Ю. В. Немировский, А. И. Болтаев // Теоретическая и прикладная механика : международный научно-технический сборник / пред. редкол. А. В. Чигарев. – Вып. 33. – 2018. – С. 36-55.