

УДК 624.011.1.046:692.52

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК В ПЕРЕКРЫТИЯХ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ

Е.Н. Бадалова, Е.О. Кобяк

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
г. Новополоцк, Республика Беларусь
e-mail: e.badalova@psu.by, e.o.kobyak@students.psu.by

Представлены результаты расчетов по предельным состояниям несущей способности и эксплуатационной пригодности деревянных балок перекрытий существующих зданий. Приведен сравнительный анализ предельных состояний по прочности при действии изгибающего момента и по прогибам. Предложен график, устанавливающий область эффективного использования деревянных балок перекрытий исходя из требований предельного состояния эксплуатационной пригодности.

Ключевые слова: *деревянные балки перекрытий, расчеты по прочности и деформациям, предельное значение прогиба, прогиб от ползучести материала.*

EFFICIENCY OF USING WOODEN BEAMS IN THE FLOORS OF EXISTING BUILDINGS

E. Badalova, E. Kobyak

Polotsk State University named after Euphrosyne of Polotsk, Novopolotsk, Republic of Belarus
e-mail: e.badalova@psu.by, e.o.kobyak@students.psu.by

The results of calculations on the limit states of load-bearing capacity and operational suitability of wooden floor beams of existing buildings are presented. A comparative analysis of limit states of strength under the action of bending moment and deflections is given. A graph is proposed that establishes the area of effective use of wooden floor beams based on the requirements of the limit state of operational suitability.

Keywords: *wooden floor beams, strength and deformation calculations, ultimate deflection value, creep deflection.*

Введение. Деревянные элементы на протяжении многих столетий находили широкое применение в качестве несущих конструкций стен, стоек, балок перекрытий, элементов стропильных систем покрытия, арочных конструкций и др. [1]. В настоящее время в эксплуатации по-прежнему находятся здания, в перекрытиях которых в качестве несущих конструкций используются деревянные балки. В основном это жилые малоэтажные здания. Но также и общественные здания, возведенные или реконструированные в основном в первой половине XX века. При проведении реконструкции таких зданий в настоящее время возникает вопрос возможности дальнейшего использования деревянных балок перекрытий.

Техническое состояние деревянных балок перекрытий, находившихся в длительной эксплуатации, различно. Деревянные конструкции, эксплуатировавшиеся в условиях повышенной влажности, периодического замачивания, как правило имеют повреждения древесины гнилью, жуками-древоточцами, приведшее к уменьшению поперечного сечения, изме-

нение структуры древесины, повлекшее за собой снижение её прочности. Балки с такими повреждениями обнаруживаются в перекрытиях кухонь, санузлов, чердачных перекрытиях [2; 3]. Таким повреждениям подвержены также опорные концы балок при отсутствии или повреждении изоляционного покрытия, при их глухой заделке в кирпичные стены.

При эксплуатации в условиях сухой среды, отсутствия замачивания, хорошего проветривания деревянные балки, как правило, не имеют повреждений в виде уменьшения поперечного сечения или снижения прочности древесины. Возможность их дальнейшего использования в реконструируемых зданиях подтверждается расчетами.

Расчеты балок. Расчеты балок включают расчеты по двум группам предельных состояний. В большинстве случаев определяющим расчетом балок по группе предельных состояний несущей способности является расчет прочности при действии изгибающего момента, который при изгибе в одной плоскости выполняют по формуле (7.19) [4]

$$M_{y,Ed} \leq M_{y,Rd},$$

где расчетное значение сопротивления элемента изгибу определяют по формуле (7.22) [4]

$$M_{y,Rd} = f_{m,y,d} W_{y,d}.$$

При проверке предельных состояний эксплуатационной пригодности выполняют расчеты деформаций (прогибов) и колебаний. Рассмотрим расчеты конструкций по деформациям.

Проверка прогибов деревянных балок выполняется из условия (8.1) [4]

$$u_{Ed} \leq u_{ed}.$$

Расчетное значение прогиба элемента u_{Ed} включает в общем случае три составляющие:

u_c – предварительный выгиб;

u_{inst} – начальный прогиб (прогиб от расчетной нагрузки, возникший непосредственно при ее приложении);

u_{creep} – прогиб от ползучести материала.

Ввиду отсутствия данных о наличии предварительного выгиба в балках перекрытий эксплуатируемых зданий первая составляющая расчетного значения прогиба u_c в проведенных расчетах не учитывалась.

Начальный прогиб u_{inst} определяется от кратковременного приложения нагрузок, т.е. от их характеристического сочетания. Прогиб от ползучести материала u_{creep} находится от постоянного воздействия или эквивалентного постоянного воздействия, т.е. от практически постоянного сочетания нагрузок.

Предельно допустимое значение прогиба для балок на двух опорах при наличии потолков со штукатуркой или гипсового картона, наличие которых необходимо из требований огнестойкости, составляет 1/250 пролета балки (таблица 8.1 [4]).

Расчет прочности и прогибов деревянных балок перекрытий рассмотрим на примере балки Б1 поперечным сечением 170×240(н) мм расчетной длиной 6100 мм, расположенной под классным помещением школы (характеристическое значение функциональной нагрузки на перекрытие в помещении категории использования С1.1 – 2 кН/м²), и балки Б2 попереч-

ным сечением 80×200(h) мм расчетной длиной 3100 мм, расположенной под коридором школы (характеристическое значение функциональной нагрузки на перекрытие в помещении категории использования С1.4 – 4 кН/м²). При подсчете постоянных нагрузок учтен состав междуэтажных перекрытий (1 тип), определенный в результате вскрытий конструкций обследуемых зданий [3; 5] (рисунок 1). Рассматриваемые конструкции в течение всего периода эксплуатации находились в условиях 1-го класса эксплуатации, установленного согласно [4]. Результаты расчета балок Б1 и Б2 приведены в таблице 1.

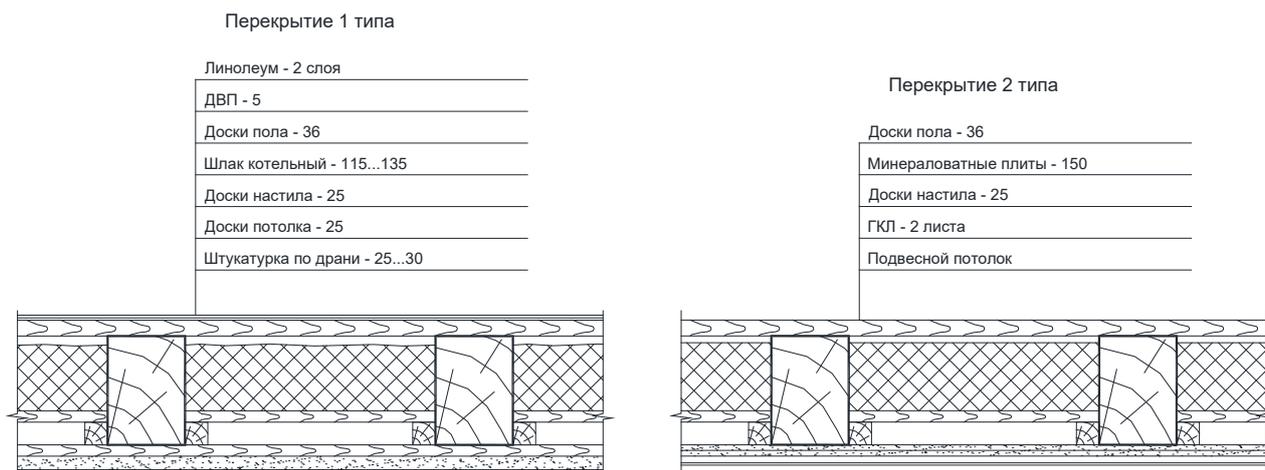


Рисунок 1. – Состав междуэтажных перекрытий

Таблица 1. – Результаты расчета балок перекрытия на прочность при действии изгибающего момента и на прогиб

Шифр балки	M_{Ed} , кНм	M_{Rd} кНм	$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}$	u_{Ed} , мм	u_{cd} , мм	$\frac{u_{Ed}}{u_{cd}}$
Б1	20,2	24,1	0,84	41,4	24,4	1,7
Б2	7,75	7,9	0,98	13,9	12,4	1,1

Сопоставление результатов расчета балок Б1 и Б2 по прочности и по прогибам показали, что значения прогибов превышают предельные величины на стадии, когда прочность балок остается обеспеченной. Аналогичные результаты установлены и при расчете балок с другими геометрическими параметрами, иными характеристиками древесины, используемых в помещениях иного назначения [3].

Превышение прогиба балки предельной величины неравнозначно достижению ею предельного состояния несущей способности. Однако значительной величины прогибы вызывают дискомфорт пользователя и приводят к нарушению целостности отделочных слоев, например, растрескиванию и отслоению штукатурного слоя.

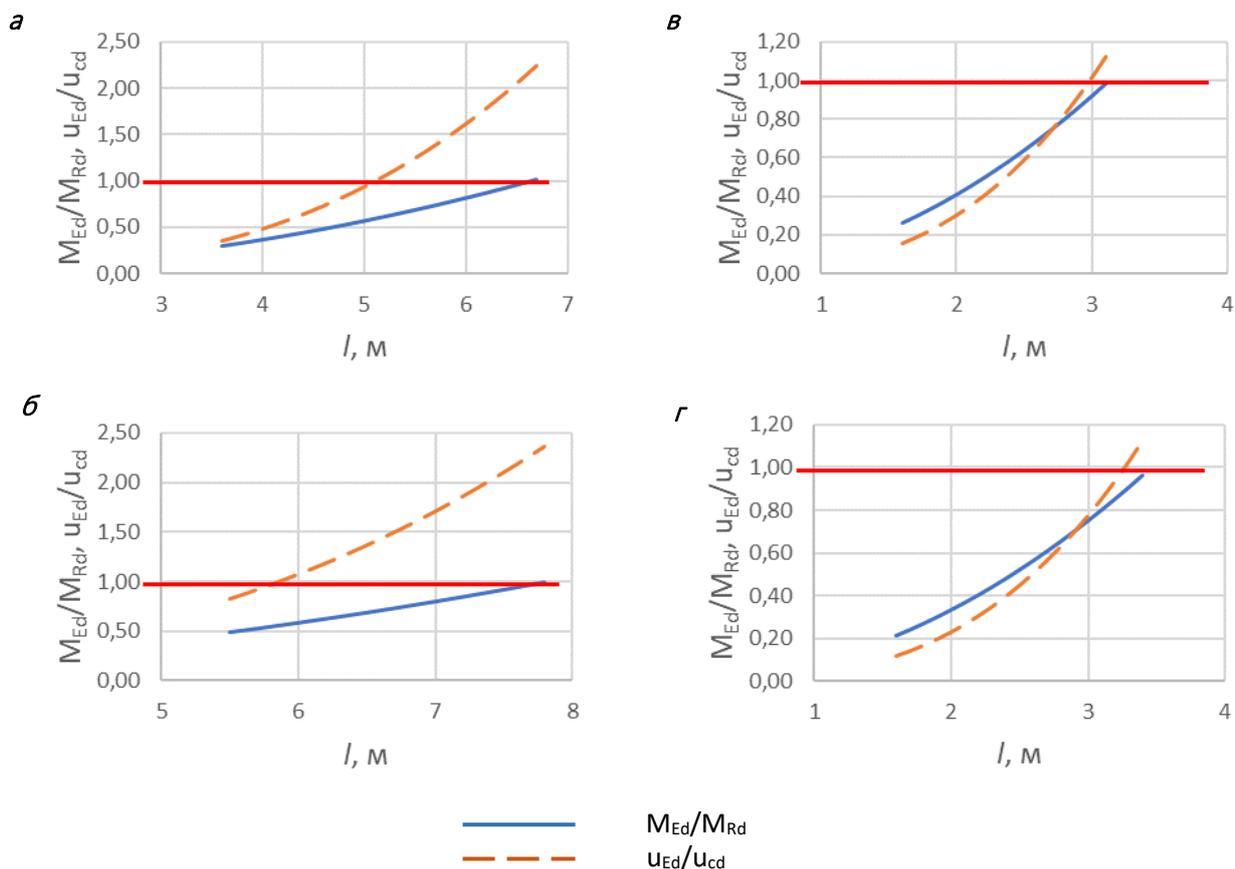
Уменьшение постоянной нагрузки на балки перекрытия путем замены шлака на более легкий материал, например, минераловатные плиты, не меняет принципиальной картины: прогибы балок достигают предельных значений до исчерпания несущей способности (рисунок 2). К тому же снижение постоянной нагрузки ведет к увеличению частоты собственных колебаний и максимальной начальной скорости перемещения перекрытия.

Развитие предельных по значению прогибов при достаточной прочности балок объясняется относительно небольшим модулем упругости древесины. Значительную долю в суммарном значении прогиба составляет прогиб от ползучести материала: около 30...33%, 36...39% и 59...62% соответственно для 1-го, 2-го и 3-го классов эксплуатации.

При сравнении фактических значений прогибов балок эксплуатируемых зданий, установленных путем замеров [3], с расчетными значениями прогибов, определенными по формуле (8.1) [4], получена удовлетворительная сходимость.

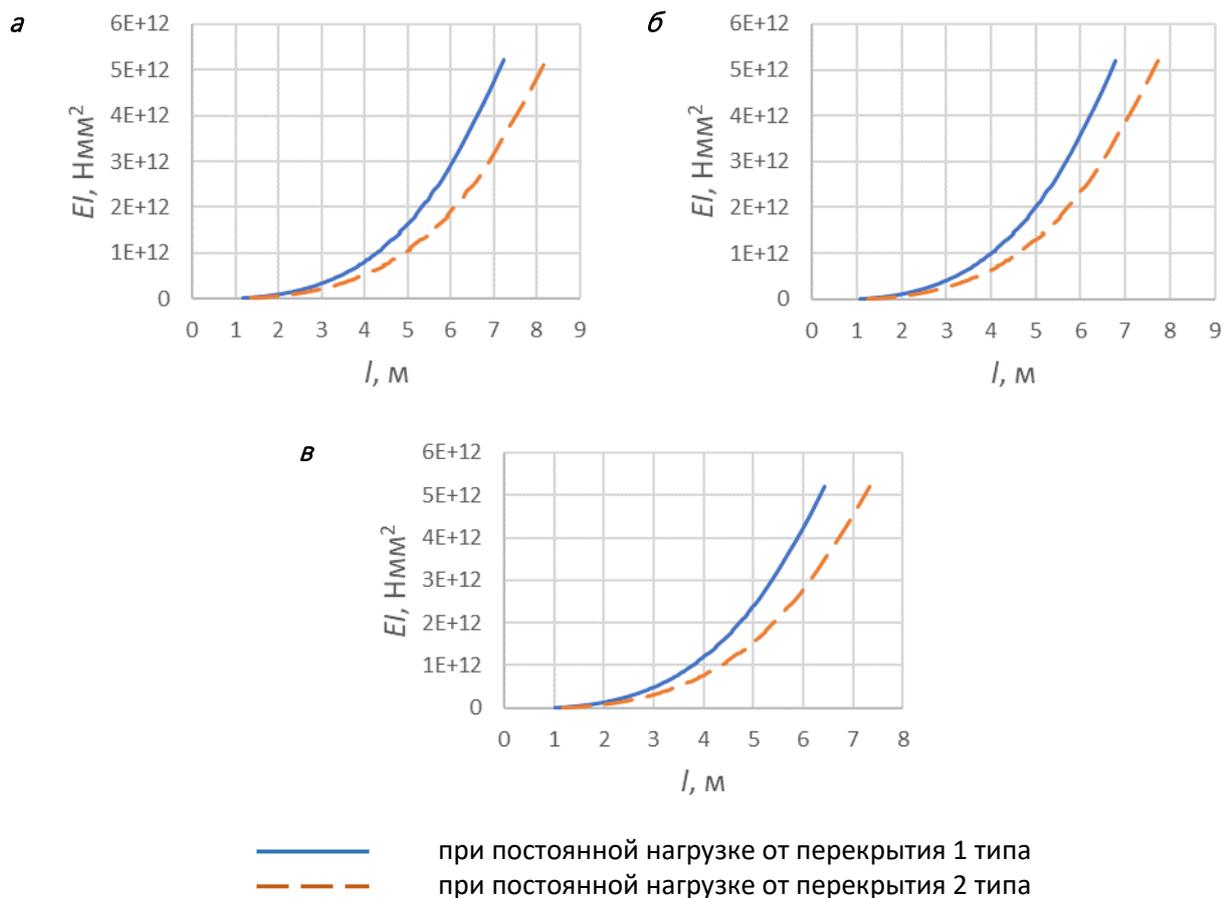
Таким образом, для реконструируемых зданий с перекрытиями по деревянным балкам встает вопрос об эффективности дальнейшего использования балок в качестве несущих конструкций с учетом обеспечения выполнения требований как по предельным состояниям несущей способности, так и по предельным состояниям эксплуатационной пригодности.

Поварьировав характеристикой жесткости (средним значением модуля упругости E_{0mean}), геометрическими параметрами элементов и значениями постоянной и функциональной нагрузкой, получили графики зависимости изгибной жесткости и расчетного пролета деревянных балок перекрытий при предельных значениях прогибов (рисунок 3, 4). Графики разработаны для элементов из цельной древесины хвойных пород, находящихся в условиях 1-го класса эксплуатации конструкций.



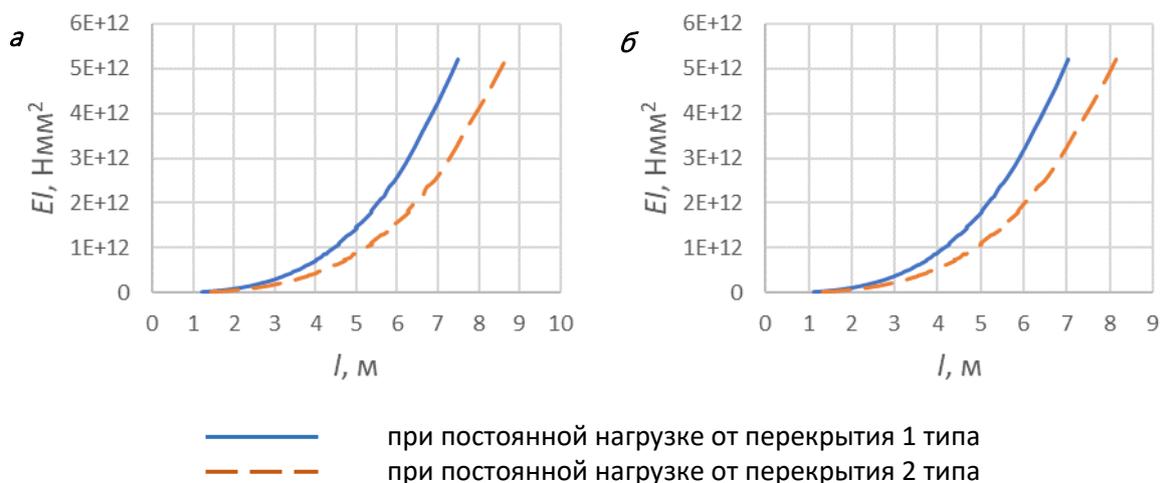
а – из бруса 170×240 при постоянной нагрузке от перекрытия 1 типа и характеристическом значении функциональной нагрузки 2 кН/м²; **б** – из бруса 170×240 при постоянной нагрузке от перекрытия 2 типа и характеристическом значении функциональной нагрузки 2 кН/м²; **в** – из бруса 80×200 при постоянной нагрузке от перекрытия 1 типа и характеристическом значении функциональной нагрузки 4 кН/м²; **г** – из бруса 80×200 при постоянной нагрузке от перекрытия 2 типа и характеристическом значении функциональной нагрузки 4 кН/м²

Рисунок 2. – Графики зависимости степени нагруженности (M_{Ed}/M_{Rd}), уровня достижения предельного значения прогиба (u_{Ed}/u_{cd}) и расчетного пролета деревянных балок перекрытий



а – при шаге балок 0,6 м; **б** – при шаге балок 0,75 м; **в** – при шаге балок 0,9 м

Рисунок 3. – Графики зависимости изгибной жесткости и расчетного пролета деревянных балок перекрытий при предельных значениях прогибов при характеристическом значении функциональной нагрузки 2 кН/м²



а – при шаге балок 0,6 м; **б** – при шаге балок 0,75 м

Рисунок 4. – Графики зависимости изгибной жесткости и расчетного пролета деревянных балок перекрытий при предельных значениях прогибов при характеристическом значении функциональной нагрузки 1,5 кН/м² (начало)

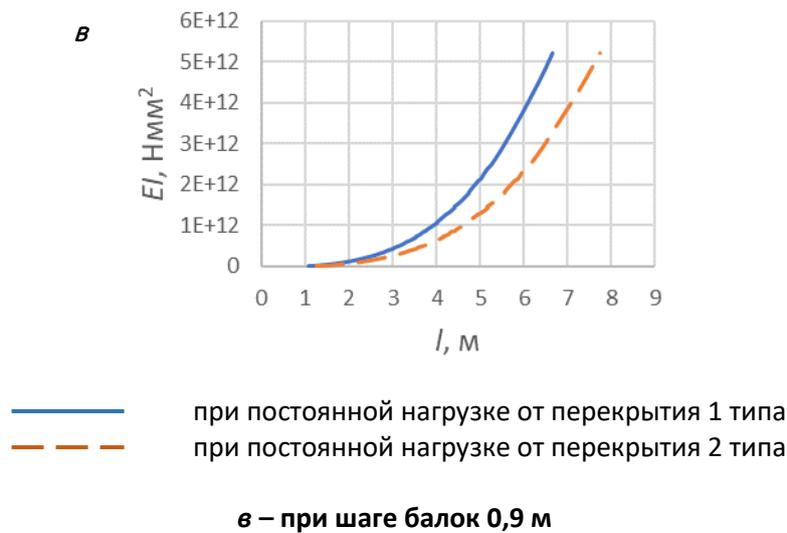


Рисунок 4. – Графики зависимости изгибной жесткости и расчетного пролета деревянных балок перекрытий при предельных значениях прогибов при характеристическом значении функциональной нагрузки 1,5 кН/м² (окончание)

Заключение. Сравнительный анализ предельных состояний несущей способности и эксплуатационной пригодности деревянных балок перекрытий показал, что прогибы балок, определенные с учетом ползучести материала, достигают предельных значений на стадиях более ранних по отношению к исчерпанию прочности балок при действии изгибающего момента.

На графиках зависимости изгибной жесткости и расчетного пролета деревянных балок перекрытий установлены области эффективного использования балок исходя из требований предельного состояния эксплуатационной пригодности, определяемого предельным значением прогиба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калмыкова Е.П. Исторический опыт применения деревянных конструкций в строительстве / Е.П. Калмыкова, П.Н. Труш // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2023. – №4(162). – С. 35-38.
2. Обследование технического состояния строительных конструкций по объекту "Капитальный ремонт жилого дома №1 по ул. Зеленая в г. Поставы" : Технический отчет. – Новополоцк, 2018. – 51 с.
3. Обследование технического состояния и эксплуатационной надежности строительных конструкций здания государственного учреждения образования "Средняя школа №10 г. Витебска имени А.К. Горовца" : Технический отчет. – Новополоцк, 2025. – 251 с.
4. Деревянные конструкции : СП 5.05.01-2021. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2021. – 110 с.
5. Обследование технического состояния строительных конструкций здания специализированного для образования и воспитания ГУО "Гимназия №1 г. Витебска имени Ж.И. Алферова", расположенного по адресу: г. Витебск, ул. 1-я Доватора, д. 10/2 : Технический отчет. – Новополоцк, 2024. – 123 с.