

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 69

А. С. Васильев, С. А. Ивасенко, В. Ю. Чжоу

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАСЧЁТА НАСТИЛА (ОБРЕШЁТКИ) И ПОДСТРОПИЛЬНОЙ БАЛКИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЯ ОБЩЕЖИТИЯ ПОД ЖИЛОЙ ДОМ

Данная статья представляет собой исследование методов расчёта настила (обрешётки) и подстропильной балки при реконструкции здания общежития для превращения его в жилой дом. Рассмотрен процесс проверки надёжности оснований и фундаментов здания, проведёны инженерно-геологическое и гидрогеологическое исследования, а также анализ грунтов оснований и состояния фундаментов в соответствии с нормами СНиП СП 22.13330.2016.

Ключевые слова: реконструкция зданий, проверка на прочность, расчёт настила.

DOI: 10.24412/2227-1384-2024-154-28-34

В городах с течением времени появляется всё больше зданий, которые нуждаются в капитальном ремонте, в реконструкции или вообще в сносе. Это актуально в наше время, когда на счету каждый свободный квадратный метр в черте города и в то же время много зданий, находящихся в полуразрушенном состоянии, большое количество зданий, имеющих физический и моральный износ, которые характеризуются несоответствием несущих и ограждающих конструкций и инженерного оборудования действующим строительным нормам и правилам.

При проверке зданий и сооружений, которые требуют реконструкции, например, как здание общежития по адресу ул. Пионерская, 60А,

Васильев Алексей Сергеевич — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой технических дисциплин (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан, Россия); e-mail: vasil-grunt@mail.ru.

Ивасенко Сергей Александрович — студент магистратуры (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан, Россия); e-mail: sergey_ivasenko@bk.ru.

Чжоу Валентина Юйляновна — студент (Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, Биробиджан, Россия); e-mail: chzhou2016@gmail.com.

© Васильев А. С., Ивасенко С. А., Чжоу В. Ю., 2024

г. Биробиджан, необходимо проверить надёжность оснований и фундаментов. Это включает в себя инженерно-геологическое и гидрогеологическое исследование места строительства, тщательный анализ грунтов оснований и состояния фундаментов. Исследования оснований проводится в соответствии с нормами СНиП СП 22.13330.2016.

В настоящее время проектирование строительных конструкций из материалов всех видов ведётся в соответствии с методом расчёта по предельным состояниям. В связи с этим при обследовании железобетонных, каменных, металлических, деревянных конструкций и оснований к ним предъявляются требования по первой группе предельных состояний (по несущей способности) и по второй группе (по пригодности к нормальной эксплуатации) согласно действующим СНиПам на проектирование конструкций из этих материалов и оснований.

Статья посвящена возможности расчёта настила (обрешётки) и подстропильной балки при реконструкции здания общежития под жилой дом. Проект реконструкции предполагает типовую надстройку 6 этажа (рис. 1). Хисамов А. Р., Кутлияров Д. Н. и Биктимиров Т. Ш. рассматривают особенности проведения строительных работ при реконструкции здания секционного типа на примере студенческого общежития [7]. Крутасов Б. В., Линовский С. В., Молчанов В. С. и Якушкина Т. А. рассмотрели вопрос реконструкции фундаментов общежитий вуза в связи с заменой деревянных междуэтажных перекрытий на железобетонные, увеличением этажности и устройства здания-вставки [2]. Самченко Р. В., Щербина Л. В., Степура И. В. и др. соавторы в своей статье отмечают, что при реконструкции повреждённых зданий в первую очередь необходимо устранять их деформации, в том числе крены. Эффективным способом ликвидации кренов зданий является частичная выемка грунтов основания в слое под фундаментами бурением горизонтальных скважин переменных параметров. Для компенсации недостающей несущей способности оснований при увеличении нагрузки на фундаменты рекомендуется усиливать основания горизонтальным армированием грунтов буросмесительной технологией [3].



Рис. 1. Макет здания после реконструкции

Исходные данные для расчёта настила (обрешётки): сечение доски для обрешётки – 50×50 ; угол наклона кровли – 20° .
Сбор нагрузок представлен в таблице 1.

Таблица 1

Сбор нагрузок

Наименование	Нормативная нагрузка q^H , кгс/м ²	γ_f – коэффициент надёжности по нагрузке	Расчётная нагрузка q^P , кгс/м ²
Металлочерепица	6	1,05	6,3
Собственный вес обрешетки	$0,05 \cdot 0,05 \cdot (500/0,4) = 3,125$	1,3	4,06
Постоянная нагрузка	$6 + 3,125 = 9,125$	–	10,36
Снеговая нагрузка	$225,5 \cdot 0,7 = 157,8$	0,7	$240 \cdot \cos 20^\circ = 225,5$
Итого, 1 м ²	$157,8 + 9,12 = 166,92$	–	$10,36 + 225,5 = 235,86$
Итого, 1 м	$166,92 \cdot 0,4 = 66,76$	–	$235,86 \cdot 0,4 = 94,34$

Расчёт первого предельного состояния (проверка на прочность) проводится в следующей последовательности:

1. Момент от первого сочетания нагрузок

$$M^I = \frac{q^P \cdot L^2}{8} = \frac{94,34 \cdot 0,81^2}{8} = 7,37 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

2. Момент от второго сочетания нагрузок

$$M^{II} = 0,07 \cdot q \cdot L^2 + 0,21 \cdot P \cdot L = 0,07 \cdot 10,36 \cdot 0,81^2 + 0,21 \cdot 120 \cdot 0,81 = 20,88 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

3. Моменты относительно оси X:

$$M_{X'}^I = M^I \cdot \cos \alpha = 7,37 \cdot \cos 20^\circ = 6,92 \text{ кгс} \cdot \text{м};$$

$$M_{X''}^{II} = M^{II} \cdot \cos \alpha = 20,88 \cdot \cos 20^\circ = 19,62 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

4. Моменты относительно оси Y:

$$M_{Y'}^I = M^I \cdot \sin \alpha = 7,37 \cdot \sin 20^\circ = 2,52 \text{ кгс} \cdot \text{м};$$

$$M_{Y''}^{II} = M^{II} \cdot \sin \alpha = 20,88 \cdot \sin 20^\circ = 7,14 \text{ кгс} \cdot \text{м},$$

где α – угол наклона кровли.

5. Момент сопротивления обрешётки:

$$W_X = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{5 \cdot 5^2}{6} = 20,83 \text{ см}^3;$$

$$W_Y = \frac{h \cdot b^2}{6} = \frac{5 \cdot 5^2}{6} = 20,83 \text{ см}^3.$$

6. Моменты инерции обрешётки

$$I_X = I_Y = \frac{W_X \cdot h}{2} = \frac{W_Y \cdot b}{2} = \frac{20,83 \cdot 5}{2} = 52,07 \text{ см}^4.$$

Для древесины второго сорта расчётное сопротивление изгибу:

$$R_U = 130 \text{ кгс/см}^2.$$

Предельно-допустимое сопротивление изгибу:

$$[R_U] = R_U \cdot 1,15 \cdot 1,2 = 130 \cdot 1,15 \cdot 1,2 = 179,4 \text{ кгс/см}^2.$$

Определяем напряжение:

$$\sigma = \frac{M_X}{W_X} + \frac{M_Y}{W_Y} = \frac{M_X''}{W_X} + \frac{M_Y''}{W_Y} = \frac{1962}{20,83} + \frac{714}{20,83} = 128,46 \text{ кгс/см}^2,$$

где M_X, M_Y – максимальные значения из M_X', M_Y', M_X'', M_Y'' .

Необходимо, чтобы выполнялось условие $\sigma \leq [R_U]$;

$$128,46 \text{ кгс/см}^2 \leq 179,4 \text{ кгс/см}^2 \Rightarrow \text{условие выполняется.}$$

Расчёт второго предельного состояния (проверка на прогиб) проводится в следующей последовательности:

$$f_X = \frac{2,13 \cdot q^H \cdot L^4 \cdot \cos \alpha}{384 \cdot E \cdot I_X} = \frac{2,13 \cdot 0,667 \cdot 84^4 \cdot \cos 20}{384 \cdot 10^5 \cdot 52,07} = 0,028 \text{ см};$$

$$f_Y = \frac{2,13 \cdot q^H \cdot L^4 \cdot \sin \alpha}{384 \cdot E \cdot I_Y} = \frac{2,13 \cdot 0,667 \cdot 84^4 \cdot \sin 20}{384 \cdot 10^5 \cdot 52,07} = 0,010 \text{ см};$$

$$f = \sqrt{f_X^2 + f_Y^2} = \sqrt{0,028^2 + 0,01^2} = 0,029 \text{ см}.$$

Необходимо выполнить условие $\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right]$;

$$\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{500} = 0,002;$$

$$\frac{f}{l} = \frac{0,029}{81} = 0,00035;$$

$$0,00035 \leq 0,002 \Rightarrow \text{условие выполняется.}$$

Обрешётка состоит из бруса 50×50 мм и с шагом 400 мм. Запроектирована с достаточным запасом прочности и жёсткости.

Исходные данные для подстропильной балки: сечение бруса для подстропильной балки – 200 × 200; угол наклона кровли – 20°.

Сбор нагрузок представлен в таблице 2.

Таблица 2

Сбор нагрузок

Наименование	Нормативная нагрузка q^H , кгс/м ²	γ_f – коэффициент надёжности по нагрузке	Расчётная нагрузка q^p , кгс/м ²
Постоянная от покрытия	25,72	–	31,94
Собственный вес подстропильной балки	$0,2 \cdot 0,2 \cdot (500/3) = 6,66$	1,3	8,66
Постоянная нагрузка	$25,72 + 6,66 = 32,38$	–	$31,94 + 8,66 = 40,6$
Снеговая нагрузка	$225,5 \cdot 0,7 = 157,8$	0,7	$240 \cdot \cos 20^\circ = 225,5$
Итого, 1 м ²	$157,8 + 32,38 = 190,18$	–	$225,5 + 40,6 = 266,1$
Итого, 1 м	$190,18 \cdot 3 = 570,54$	–	$266,1 \cdot 3 = 798,3$

Первое предельное состояние (проверка на прочность):

$$M = \frac{q^p \cdot L^2}{8} = \frac{798,3 \cdot 3^2}{8} = 898,08 \text{ кгс} \cdot \text{м};$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{20 \cdot 20^2}{6} = 1333 \text{ см}^3;$$

$$I = \frac{W \cdot h}{2} = \frac{1333 \cdot 20}{2} = 13333 \text{ см}^4.$$

Для древесины второго сорта расчётное сопротивление изгибу

$$R_y = 130 \text{ кгс} / \text{см}^2 = [R_y].$$

Определяем напряжение

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{898,08 \cdot 100}{1333} = 67,37 \text{ кгс} / \text{см}^2.$$

Необходимо, чтобы выполнялось условие $\sigma \leq [R_y]$;

$$67,37 \text{ кгс} / \text{см}^2 \leq 130 \text{ кгс} / \text{см}^2 \Rightarrow \text{условие выполняется.}$$

Второе предельное состояние (проверка на прогиб):

$$\frac{f}{l} = \frac{5 \cdot q^H \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 5,70 \cdot 300^3}{384 \cdot 10^5 \cdot 13333} = 0,0015 \text{ см};$$

$$\left[\frac{f}{l} \right] = \frac{1}{200} = 0,005.$$

Необходимо выполнить условие $\frac{f}{l} \leq \left[\frac{f}{l} \right];$

$0,00015 \text{ см} \leq 0,005 \text{ см} \Rightarrow$ условие выполняется.

Подстропильная балка имеет размеры 200 x 200 мм, длиной 3000 мм. Запроектирована с достаточным запасом прочности и жёсткости.

Стропильные элементы кровли изготовлены из дерева сосны или ели первого или второго сорта с влажностью до 20 %. В заводских условиях проведены меры по защите от огня и вредителей с помощью специального раствора марки ТХЭФ. Для деревянных элементов, соприкасающихся с кирпичной кладкой, необходимо провести тщательную обработку антисептиком и установить двухслойную изоляцию из техноэлатагидро.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бушуева Е. В., Каберник К. П. Реконструкция жилой недвижимости на примере многоквартирного жилого дома в г. Минске // Инжиниринг и экономика: современное состояние и перспективы развития: сборник материалов студенческой научно-технической конференции в рамках 20-й международной научно-технической конференции БНТУ «Наука – образованию, производству и экономике» и 78-й студенческой научно-технической конференции БНТУ, Минск, 04 – 05 мая 2022 года. Минск: БНТУ, 2022. С. 13 – 18. EDN NIVEGU.
2. К вопросу о реконструкции фундаментов зданий общежитий НГАСУ (Сибстрин) / Б. В. Крутасов, С. В. Линовский, В. С. Молчанов, Т. А. Якушкина // Актуальные вопросы архитектуры и строительства: Материалы X Всероссийской научно-технической конференции, Новосибирск, 11 – 13 апреля 2017 года. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2017. С. 233 – 237. EDN ZVXSFR.
3. О проблемах реконструкции зданий и способах их решения / Р. В. Самченко, Л. В. Щербина, И. В. Степура [и др.] // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2013. № 9 (657). С. 115 – 122. EDN RWTWLN.
4. СНиП 2.08.01-89 «Здания жилые многоквартирные».
5. СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные».
6. СНиП 23-02-2003 «Основания зданий и сооружений».
7. Хисамов А. Р., Кутляров Д. Н., Биктимиров Т. Ш. Строительные работы при реконструкции общежитий секционного типа // Состояние и перспективы увеличения производства высококачественной продукции сельского хозяйства: Материалы XI Международной научно-практической конференции, Уфа, 02 – 05 июня 2021 года. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2021. С. 211 – 213. EDN MXBUMB.

* * *

Vasiliev Alexei S., Ivassenko Sergey A., Chzhou Valentina Yu.
INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF CALCULATING THE FLOORING (CRATE)
AND A SUB-RAFTER BEAM DURING THE RECONSTRUCTION
OF THE DORMITORY BUILDING FOR AN APARTMENT BUILDING
 (Sholom-Aleichem Priamursky State University, Birobidzhan, Russia)

This article is a study of methods for calculating the flooring (crate) and the sub-rafter beam during the reconstruction of a dormitory building to turn it into a residential building. The process of checking the reliability of the foundations of the building was considered, an engineering-geological and hydrogeological study was carried out, as well as an analysis of the soils of the foundations and the condition of the foundations in accordance with the norms of SNiP SP 22.13330.2016.

Keywords: Reconstruction of buildings, strength testing, calculation of flooring.

DOI: 10.24412/2227-1384-2024-154-28-34

REFERENCES

1. Bushueva E. V., Kabernik K. P. Reconstruction of residential real estate using the example of an apartment building in Minsk [Rekonstruktsiya zhiloy nedvizhimosti na primere mnogokvartirnogo zhilogo doma v g. Minske], *Inzhiniring i ekonomika: sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvoitiya* (Engineering and economics: current state and development prospects), collection of materials of the student scientific and technical conference within the framework of the 20th international scientific and technical conference of BNTU "Science – education, production and economics" and the 78th student scientific and technical conference of BNTU, Minsk, May 04–05, 2022. Minsk, BNTU Publ., 2022, pp. 13–18.
2. Krutasov B. V., Linovsky S. V., Molchanov V. S., Yakushkina T. A. On the issue of reconstruction of the foundations of dormitory buildings of NGASU (Sibstrin) [K voprosu o rekonstruktsii fundamentov zdaniy obshchezhitiy NGASU (Sibstrin)], *Aktual'nyye voprosy arkhitektury i stroitel'stva* (Current issues of architecture and construction), Materials of the X All-Russian Scientific and Technical conference, Novosibirsk, April 11–13, 2017. Novosibirsk, NGASU (Sibstrin) Publ., 2017, pp. 233–237.
3. Samchenko R. V., Shcherbina L. V., Stepura I. V. [et al.] On the problems of reconstruction of buildings and ways to solve them [O problemakh rekonstruktsii zdaniy i sposobakh ikh resheniya], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo*, 2013, no. 9 (657), pp. 115–122.
4. SNiP 2.08.01-89 «Zdaniya zhilye mnogokvartirnyye» (SNiP 2.08.01-89 "Residential multi-apartment buildings") (In Russ.).
5. SNiP 31-01-2003 «Zdaniya zhilye odnokvartirnyye» (SNiP 31-01-2003 "Single-apartment residential buildings") (In Russ.).
6. SNiP 23-02-2003 «Osnovaniya zdaniy i sooruzheniy» (SNiP 23-02-2003 "Foundations of buildings and structures") (In Russ.).
7. Khisamov A. R., Kutliyarov D. N., Biktimirov T. Sh. Construction work during the reconstruction of sectional type dormitories [Stroitel'nyye raboty pri rekonstruktsii obshchezhitiy sektiionnogo tipa], *Sostoyaniye i perspektivy uvelicheniya proizvodstva vysokokachestvennoy produktsii sel'skogo khozyaystva* (State and prospects for increasing the production of high-quality agricultural products), Materials of the XI International Scientific and Practical Conference, Ufa, 02– June 05, 2021. Novosibirsk, NGAU Publ., 2021. pp. 211–213.

* * *