

УДК 674.2

Поротникова Светлана Александровна,

доцент по кафедре, доцент,

Уральский федеральный университет,

Российская Федерация, 620000, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19;

Стриганова Лариса Юрьевна,

кандидат пед. наук, доцент,

Уральский федеральный университет,

Российская Федерация, 620000, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСТНИЦЫ В ПОМОЩЬ ИНДИВИДУАЛЬНОМУ ЗАСТРОЙЩИКУ

Аннотация. В статье предлагается краткая характеристика внутриквартирных лестниц. К материалам и конструкциям лестниц предъявляются довольно строгие требования, которые предполагают выполнение расчетов на прочность всех несущих элементов. В связи с тем, что выбранная трехмаршевая лестница достаточно сложная – несущим элементом является ограждение – статически неопределимая система, она заменяется на статически определимую и рассчитывается по определенной методике. Поэтапно должны рассчитываться изгибающие моменты от единичных нагрузок, от грузовой нагрузки, напряжение изгиба в опасном сечении, которое и сравнивается с нормативным значением.

Ключевые слова: расчеты, нагрузки, строительные нормы и правила, забежные ступени, комбинированные лестницы, древесина.

Annotation. The article offers a brief description of intra-apartment stairs. Rather strict requirements are imposed on the materials and structures of stairs, which imply the performance of strength calculations for all load-bearing elements. Due to the fact that the selected three-flight staircase is quite complex - the load-bearing element is a fence - a statically indeterminate system, it is replaced by a statically definable one and is calculated according to a certain method. Bending moments from

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

single loads, from a load, bending stress in a dangerous section, which is compared with the standard value, must be calculated in stages.

Key words: calculations, loads, building codes and regulations, runways, combined stairs, timber.

Собираясь строить лестницу внутри своего дома, задумываешься не только о цене и используемых материалах, но и об эффективном использовании пространства, удобстве, красоте и надежности. В индивидуальных жилых строениях лестницы обычно выполняют из деревянных элементов, обработка и установка которых в домашних условиях наиболее доступна.

Лестницы можно классифицировать по многим признакам: по количеству маршей, форме ступеней и методам их крепления, по углу поворота, исходным материалам, из которых она изготовлена и т.д. Прямые лестницы удобны, но громоздки [3, стр. 8, 12]. Экономят пространство винтовые лестницы, а также поворотные с площадками или забежными ступенями.

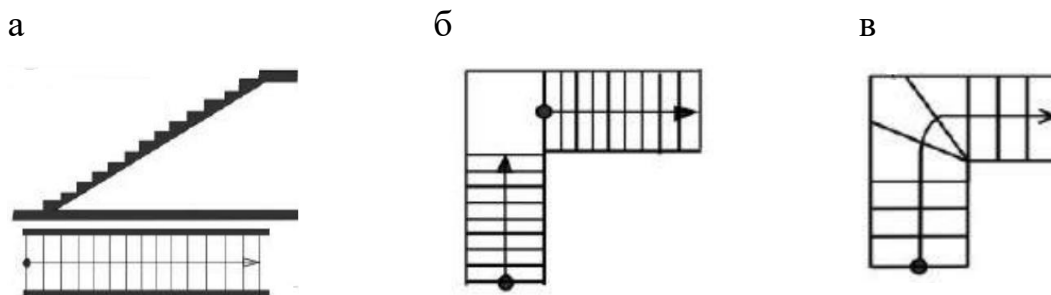


Рисунок. 1. Типы лестниц:

а – прямая; б – поворотная с площадкой; в – поворотная с забежными ступенями

К материалам и конструкциям лестниц предъявляются довольно строгие требования.

В ГОСТ 23120-78 указываются [1, стр. 3, 4]:

- максимальное количество забежных ступеней для лестницы – 3 шт.;
- глубина узкой части забежной ступени не менее 10 см, широкой – не более 40 см;

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

– лестницы, имеющие более 3-х ступеней, должны оборудоваться перилами высотой не менее 90 см;

– максимальное расстояние между балясинами – 15 см;

– рекомендуемая высота от пола до потолка – 200 см;

Разработка конструкции лестницы и ее расчет производится после определения в помещении свободного пространства.

Обычно лестницы крепятся одной стороной к стене, а другой опираются на тетивы или косоуры. Тетива у стены предохраняет стену от загрязнений. Косоур считается более прочным по сравнению с тетивой и предохраняет от скрипа (рис. 2). Но возможны комбинированные варианты [6, стр. 1] и лестницы эффективны, но сложны в расчетах.

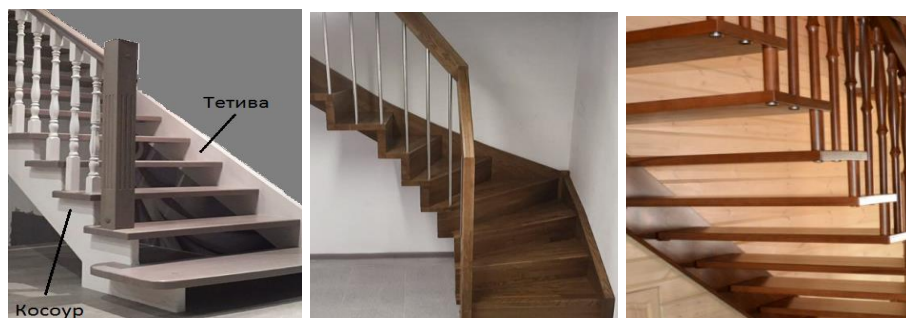


Рисунок 2. Комбинированные конструкции

В статье предлагается возможная методика прочностных расчетов несущих элементов трехмаршевой лестницы с забежными ступенями (рис. 3).

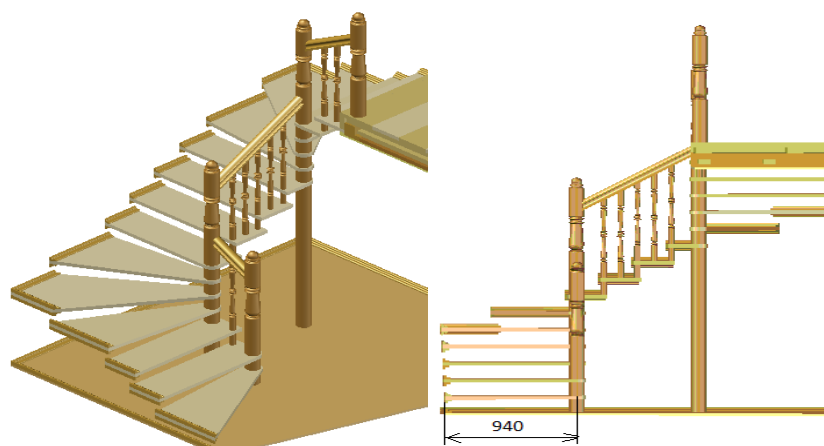


Рисунок 3. Лестница двухэтажного дома

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

По строительным правилам забежных ступеней в группе может быть не более трех. На поворотных лестницах группа забежных ступеней должна использоваться один раз, но заказчику нужна была легкая с изящными балясинами лестница с забежными ступенями вместо площадок. Для упрочнения конструкции были применены стойки, что не влияет на эстетический вид лестницы, но значительно упрощает расчеты. Крепление деревянных элементов (поручней, столбов и др.) осуществляется с помощью стандартных крепежных изделий, которые более прочны, нежели деревянные элементы, поэтому в расчете они не учитываются. Расчет состоит в определении геометрических параметров и показателей эксплуатационной надежности элементов лестницы [2, стр. 43-50, 62].

Наиболее сложным является расчет несущих перил. Приводится пример расчета среднего марша (рис. 4).

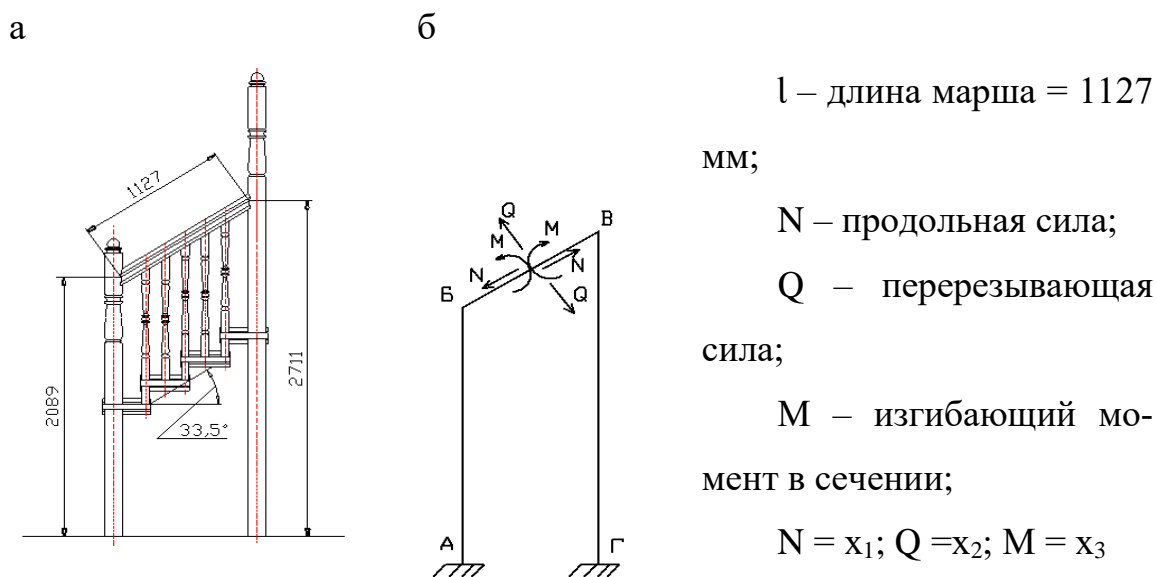


Рисунок 4. Схема марша

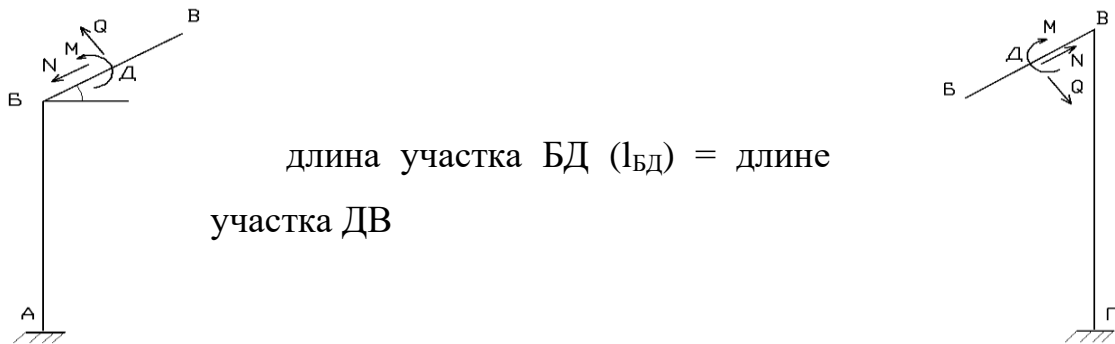
а – размеры; б – расчетная схема

Марш – это статически неопределимая система. Следует преобразовать ее в статически определимую, расчленив на два участка, и заменив отброшенные связи их реакциями N , Q , M (рис. 5).

а

б

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

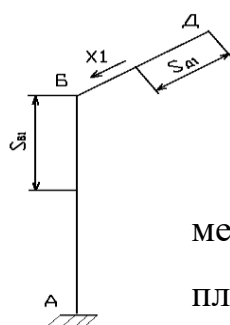


длина участка БД ($l_{БД}$) = длине
участка ДВ

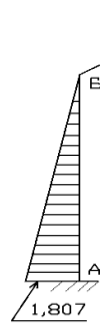
Рисунок 5. Схемы равновесия отсеченных частей

Проводим расчет и строим эпюры изгибающих моментов от единичных нагрузок $x_1 = 1$ Н; $x_2 = 1$ Н; $x_3 = 1$ Нм.

Производится расчет моментов от единичных нагрузок левой отсеченной части (рис. 6).



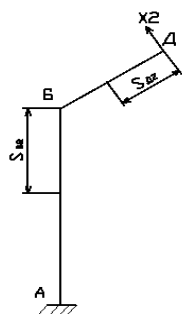
$0 \leq S_{Б1} \leq l_{АБ};$
пределы изменения проекции плеча силы на участке АБ



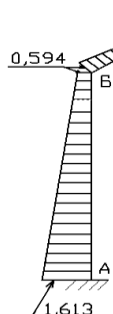
$M_1^{БД} = 0$ на участке БД.

Изгибающий момент от единичной продольной силы x_1 на участке АБ

при $S_{Б1} = 0; M_1^{АБ} = 0;$



$0 \leq S_{Д2} \leq l_{БД};$
 $0 \leq S_{Б2} \leq l_{АБ}$
пределы изменения проекций плеч силы на участках БД и АБ



изгибающий момент от единичной перерезывающей силы $x_2;$

$M_2^{БД} = x_2 \cdot S_{Д2};$

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

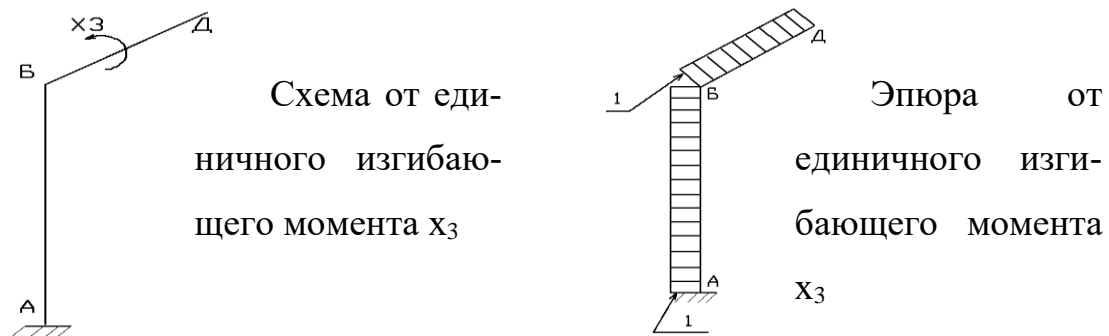


Рисунок 6. Схемы и эпюры от единичных нагрузок левой отсеченной части

Правая отсеченная часть считается аналогично. Затем подсчитываются объединенные эпюры моментов и грузовые нагрузки, которые не должны превышать нормативных, указанных в табл. 3, п.12 [5, стр. 5, 7].

Дальнейший расчет ведется по полной нормативной нагрузке. Рассчитывается сила P , действующая на прямой участок марша и равная произведению нормативного значения нагрузки (q) на площадь марша ($S_{\text{МАРША}}$). Сила P равномерно распределяется на четыре ступени марша (рис. 7, а), при этом на перила действует половина нагрузки на ступень. Аналогично расчетам по единичным нагрузкам, балка АБВГ делится на два участка (7, б, в).

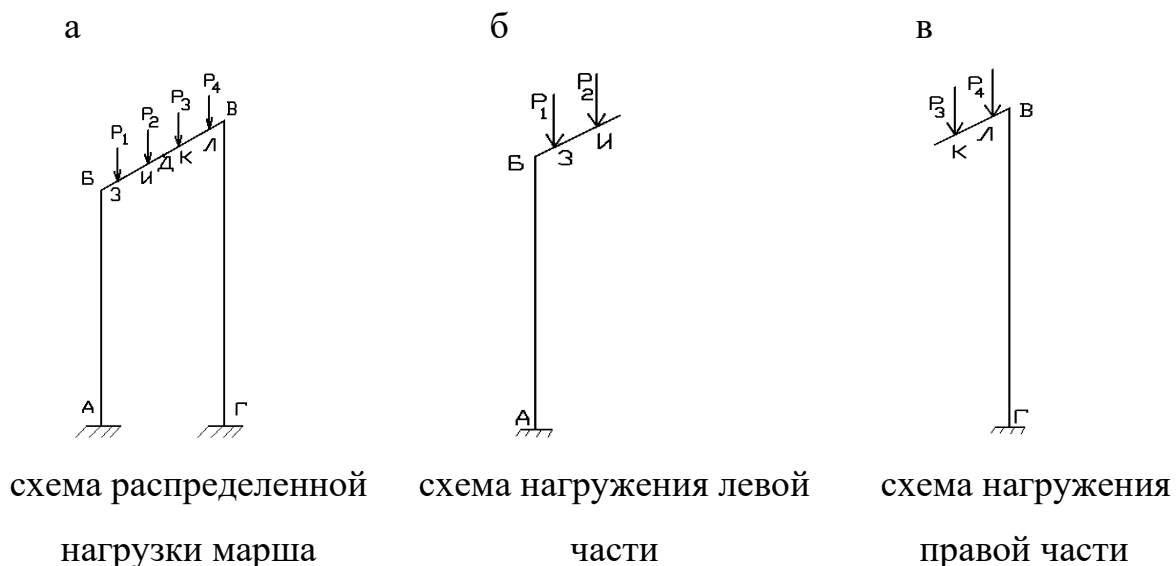


Рисунок 7. Схемы нагружения марша

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P : 4 : 2 = 363\text{Н}$ – расчетная сила, приходящаяся на участок перил, который держит одну ступень. Расстояния между точками приложения сил: $БЗ = ЛВ = 0,115\text{ м}$; $ЗИ = КЛ = 0,235\text{ м}$; $ИД = ДК = 0,13\text{ м}$.

При определении изгибающих моментов от грузовой нагрузки в каждой точке, используется система 3-го порядка (канонических уравнений), коэффициенты которой находятся по формулам Симпсона [2, стр. 403-407]. Этот расчет позволяет изобразить общую эпюру моментов (рис. 8).

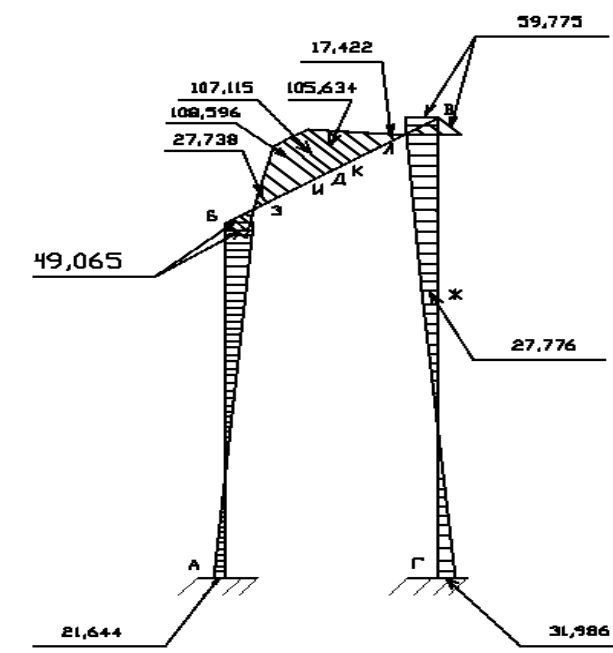


Рисунок. 8. Эпюра изгибающих моментов рамы среднего марша

Опасным сечением рамы является сечение поручня в точке И.

Расчетное напряжение изгиба в опасном сечении [4, стр. 5-7] сравнивается с нормативным значением. Если оно меньше предельно допустимого, то лестница обладает достаточным запасом прочности.

Приводимая в статье методика расчета поможет мастеру, занимающемуся изготовлением лестницы для своего жилого дома, выполнить ее легкой, надежной и прочной.

НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ: ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ

Список литературы

1. ГОСТ 23120-2016 Лестницы маршевые, площадки и ограждения стальные. Технические условия. Введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации 1 марта 2017 г. – Текст : непосредственный.
2. Межецкий Г. Д. Сопротивление материалов: Учебник / Межецкий Г.Д., Загребин Г.Г., Решетник Н.Н. – 5-е изд. – М.: 2016. – 432 с. – Текст : непосредственный.
3. Тюкавкина И. Л. Проектирование лестниц в жилых и общественных зданиях. – Хабаровск : Издательство ТОГУ, 2012. – 68 с. – Текст : непосредственный.
4. СП 64.13330.2017 Деревянные конструкции. УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 27 февраля 2017 г. N 129/пр и введен в действие с 28 августа 2017 г. – Текст : непосредственный.
5. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 декабря 2016 г. N 891/пр и введен в действие с 4 июня 2017 г. – Текст : непосредственный.
6. Комбинированные лестницы из дерева. – URL: <https://www.google.com/> (дата обращения 20.11.2021).