

УДК 624.012.4

В. Н. Деркач, канд. техн. наук, И. В. Хвощевская

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОТДЕЛОЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕРИИ Б 1.055.1–1.01

Статья содержит результаты анализа конструктивных решений накладных проступей железобетонных лестниц – причин, вызывающих повреждения и предложения по совершенствованию конструкции накладных проступей.

Введение

В качестве отделочных покрытий лестниц широкое применение получили железобетонные накладные проступи и подступенки, выпускаемые в соответствии с альбомом рабочих чертежей (выпуск 2.05), разработанным в 2005 г. в дополнение к серии Б 1.055.1–1.01 «Элементы лестниц бетонные и железобетонные». Накладные проступи и подступенки предназначены для отделки внутренних и наружных лестниц в отапливаемых и неотапливаемых зданиях (сооружениях) различного назначения на открытом воздухе при расчетной температуре до -40°C включительно.

Проступи марки ЛН 12.34–Ф.д («Антекс») указанной выше серии были применены при облицовке монолитных железобетонных лестниц стадиона «Динамо» в г. Бресте. Изделие имеет длину 1195 мм, ширину 340 мм и толщину 40 мм. Изготавливаются проступи по агрегатно-поточной технологии из мелкозернистого бетона класса С25/30. Армирование проступи выполняется сварной проволочной сеткой. Продольные стержни сетки из проволоки класса S500 \varnothing 5 мм установлены с шагом 140 мм. Конструкция проступи показана на рис. 1.

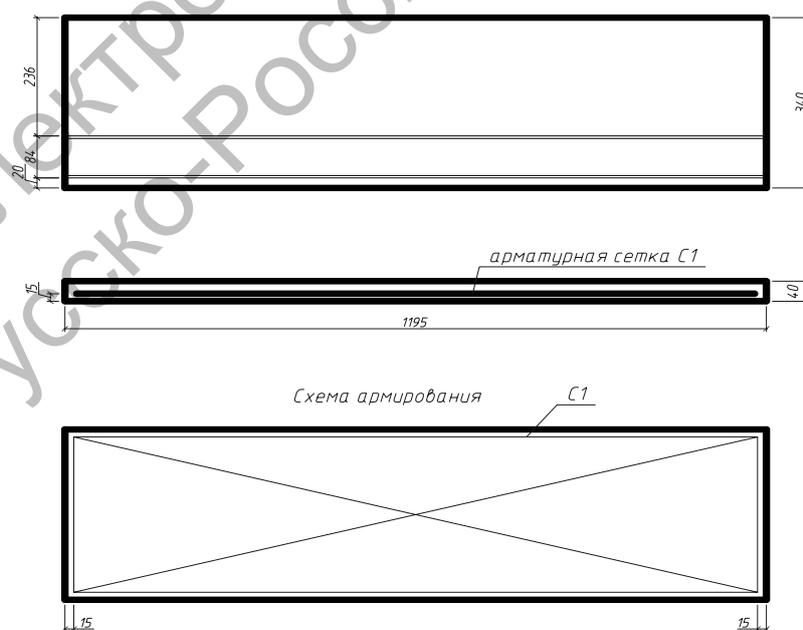


Рис.1. Конструкция проступи марки ЛН 12.34–Ф.д

Согласно рабочим чертежам проступи укладываются на постель из цементно-песчаного раствора толщиной 10...15 мм. Подступенки крепят к лестницам при помощи металлических или других креплений, с заполнением пространства между подступенком и поверхностью лестницы раствором.

После двух лет эксплуатации стадиона в облицовочных проступях возникли поперечные трещины шириной раскрытия до 1 мм. При этом трещинами повреждены, в основном, проступи, которыми облицованы лестницы, подверженные прямому воздействию солнечных лучей (рис. 2).

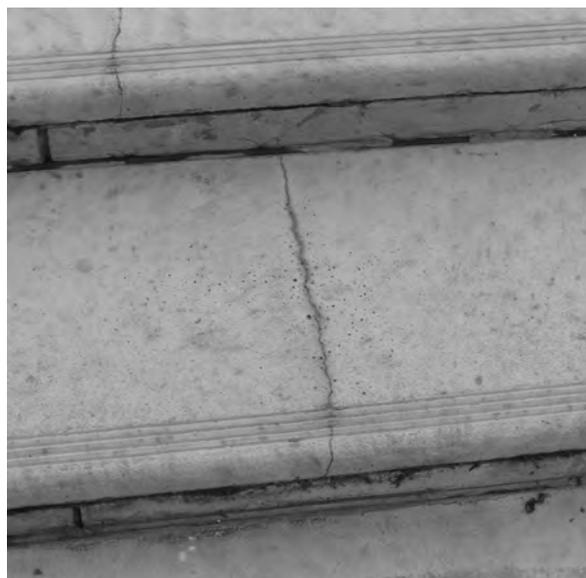


Рис. 2. Повреждения накладных проступей железобетонных лестниц стадиона «Динамо»

Анализ причин повреждений проступей

Обследование показало, что проступи уложены на сплошную постель из клевого состава «Полимикс» толщиной 15...20 мм. Швы между проступями шириной 5 мм заделаны фугой. С целью оценки прочности бетона, проверки соответствия армирования рабочим чертежам и наличия усадочных трещин в верхней лицевой поверхности проступей были выполнены лабораторные исследования трех образцов, отобранных из поставленной партии изделий.

В результате лабораторных исследований установлено, что прочность бетона на сжатие всех образцов находилась в пределах 28...31 МПа (проектный класс бетона – $C^{25/30}$). Отклонение плоскости

лицевой поверхности от горизонтали не превышало 1 мм. Трещины на лицевых поверхностях образцов отсутствовали. В двух образцах площадь продольной арматуры и толщина защитного слоя бетона соответствовали рабочим чертежам. В одном образце армирующая сетка была изготовлена из проволоки $\varnothing 3$ мм вместо $\varnothing 5$ мм, толщина защитного слоя бетона в указанном образце составила 20 мм.

Согласно рабочим чертежам расчет и конструирование изделий элементов лестниц выполнено в соответствии с требованиями [1, 2]. Проступи рассчитаны на постоянные нагрузки от собственного веса с коэффициентом безопасности по нагрузке 1,15, транспортные нагрузки – с коэффициентом динамич-

ности 1,6 и на действие сосредоточенной вертикальной нагрузки 0,5 кН – с коэффициентом безопасности по нагрузке 1,5. Расчет проступей на температурные воздействия не производился.

Выше было отмечено, что трещинами повреждены, в основном, проступи, которыми облицованы лестницы, подверженные прямому воздействию солнечных лучей. Прямые и отраженные солнечные лучи (коротковолновая радиация), падая на открытые поверхности непрозрачных тел, частично отражаются, частично поглощаются и частично излучаются ими в пространство в виде длинноволнового излучения (отрицательная радиация). Поглощенная часть лучистой энергии превращается в тепловую, что сопровождается нагреванием тел. Степень нагрева зависит от интенсивности суммарной радиации, поступающей на поверхность тел в единицу времени, и «черноты» тела, под которой подразумевается его поглощательная способность. Интенсивность суммарной радиации, в свою очередь, за-

висит от географической широты, ориентации поверхности к солнечным лучам, прозрачности атмосферы, времени года и т. п. Солнечная радиация является периодической величиной с суточным периодом $T = 24$ ч. В [3] отмечается, что суточные колебания температуры могут приводить к разрушению или снижению долговечности подверженных их воздействию материалов конструкций стенового ограждения из ячеистых и легких бетонов. В связи с тем, что колебания суточных температурных напряжений происходят достаточно часто и с небольшой амплитудой, в материале конструкции могут возникать повреждения, вызванные усталостными явлениями. В [4] содержатся результаты исследований нагрева не защищенных от воздействия солнечной радиации конструкций в зависимости от цвета поверхности в теплое время года. Температура поверхности конструкций в палитре цветов облицовочных проступей приведена в табл. 1.

Табл. 1. Температура поверхности конструкций в зависимости от их цвета

Цвет	В системе RAL	Температура поверхности, °С
	RAL 3012	62,3
	RAL 3000	71,2
	RAL 3013	72,5

Из табл. 1 следует, что в теплое время года при прямом попадании солнечных лучей верхняя поверхность проступи может нагреваться до 60...70 °С. В то же время температура массивных железобетонных лест-

ниц и нижней плоскости проступи остается практически постоянной, близкой к температуре окружающего воздуха. Высокие уровни нагрева верхних поверхностей проступей в дневное время и остыва-

ние в вечернее и ночное время приводят к большим суточным температурным колебаниям, которые нельзя игнорировать при проектировании строительных изделий. Учитывая, что полимерные клеевые составы имеют небольшое время схватывания, при остывании уложенной на клеевую постель длинной проступи в ней могут возникать напряжения, превышающие предел прочности бетона при растяжении. Для того чтобы определить, при каких температурах возникает трещина в проступи марки ЛН 12.34-Ф.д, был выполнен ее расчет на температурные воздействия методом конечных элементов при помощи программного комплекса «STARK_ES» [5]. Проступь моделировалась элементами плоской оболочки, имеющей

шесть степеней свободы в узле. Материал конечных элементов оболочки принимался слоистым, содержащим слои бетона, арматурный слой и слои цементно-песчаного раствора. Толщина слоев бетона и раствора принималась равной 5 мм. Каждый слой бетона и раствора характеризовался своим модулем упругости, коэффициентом Пуассона, нормативными значениями прочности бетона при сжатии и растяжении. Арматурный слой описывался площадью арматуры, модулем упругости и нормативным сопротивлением арматуры растяжению. Результаты расчета в виде изоповерхностей нормальных напряжений σ_x в верхнем слое проступи показаны на рис. 3.

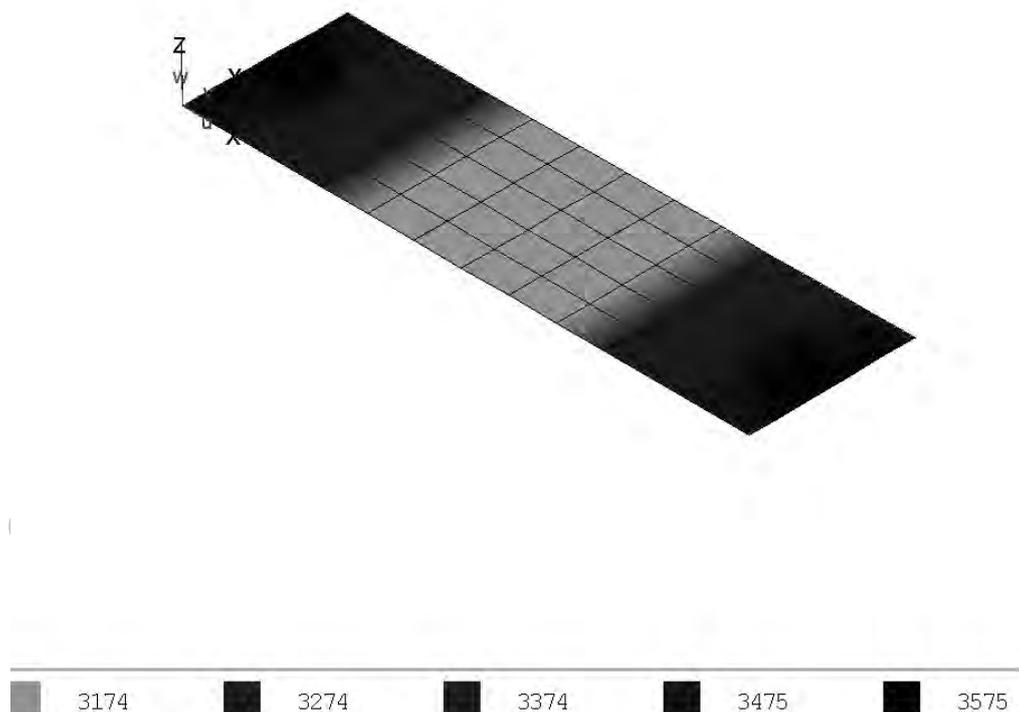


Рис. 3. Изоповерхности нормальных напряжений σ_x в верхнем слое проступи при температурном перепаде по толщине пластины 25 °С

Расчеты показали, что при остывании верхней плоскости проступи на 20...25 °С в ней может возникнуть температурная трещина. При этом, чем большую жесткость имеет растворная постель, на которую укладывается проступь, тем при меньшем температурном перепаде образуется трещина.

Конструктивным недостатком проступи ЛН12.34–Ф.д является отсутствие армирования верхней зоны сечения. При укладке длинной ступени достаточно сложно выполнить однородную растворную постель, что может привести к образованию поперечных трещин от действия вертикальной нагрузки.

Выводы

1. В альбом рабочих чертежей (выпуск 2.05), разработанный в дополнение к серии Б 1.055.1–1.01 «Элементы лестниц бетонные и железобетонные», следует внести изменения, которые определяют область применения проступей марок ЛН12.35–Г–д, ЛН12.34–Ф–д, ЛН13.35–Ф–д как отделочных покрытий внутренних лестниц в отапливаемых и неотапливаемых зданиях. Для облицовки наружных лестниц рекомендуется применять проступи длиной не более 600 мм.

2. Для того чтобы предотвратить образование трещин в проступях марок ЛН 12.35–Г–д, ЛН 12.34–Ф–д, ЛН 13.35–Ф–д от действия вертикальной нагрузки, их необходимо армировать пространственным каркасом, включающим проволочные сетки в верхней и нижней зонах поперечного сечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **СНБ 5.03.01–02** Бетонные и железобетонные конструкции / Минстройархитектура РБ. – Минск : Минсктиппроект, 2003. – 139 с.
2. **СНиП 2.01.07–85*** Нагрузки и воздействия / Госстрой СССР. – М. : ЦНИИОМТ Госстроя СССР, 1985. – 34 с.
3. **Емельянов, А. А.** Влияние гармонических колебаний температуры воздуха и солнечной радиации на напряженное состояние и трещинообразование в плитах и панелях наружных стен зданий / А. А. Емельянов // Анализ причин аварий строительных конструкций. – М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 1968. – 213 с.
4. Рекомендации по расчету трехслойных панелей с металлическими обшивками и заполнителем из пенопласта / Госстрой СССР. – М. : ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 1976. – 85 с.
5. Программный комплекс для расчета пространственных конструкций на прочность, устойчивость и колебания STARK_ES. Руководство пользователя / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. – М. : ЕВРОСОФТ, 2006. – 383 с.

РУП «Институт БелНИИС»
Материал поступил 18.02.2008

V. N. Derkach, I. V. Hvashevskaya
**Perfection of ferroconcrete stair footstep
design approaches**

The article contains the results of analysis of constructive designs of laid on tread of ferroconcrete stairs, reasons of their damages and propositions for footsteps design perfection.