

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ РАЗНЫХ ВИДОВ ВЫШТАМПОВОК НА СДВИГ

И.А. РУМЯНЦЕВА, *д-р техн. наук*  
ФБОУ ВПО «Московская государственная академия водного транспорта»,  
117105, г. Москва, Новоданиловская набережная, дом 2, корпус 1.  
E-mail: rumira@bk.ru

*Проведены экспериментальные исследования работы на сдвиг разных видов выштамповок. Получены данные по эффективности сцепления выштамповок с бетоном. Определены наиболее эффективные виды выштамповок, обеспечивающие совместную работу с бетоном.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** выштамповки, сцепление с бетоном, работа на сдвиг, стальные профилированные настилы, сталежелезобетонные перекрытия.

В настоящее время как в России так и за рубежом ведутся поиски эффективных видов выштамповок, обеспечивающих наибольшее сцепление с бетоном стальных профилированных настилов в сталежелезобетонных перекрытиях. Рациональным местом расположения являются наклонные грани (стенки). Это связано с установкой опорных анкеров, обеспечивающих совместную работу плиты перекрытия с балочной клеткой, которая приводит к экономии стали на 10 – 27 % и уменьшению строительной высоты этажа на 10 – 18 % [1].

При экспериментальных исследованиях определялась эффективность работы выштамповок на сдвиг. Исследование осуществлялось на моделях. Модель

состояла из двух оцинкованных стальных пластин высотой 80 мм, длиной 750 мм, толщиной 1 мм, которые были объединены между собой бетонным блоком высотой 80 мм, шириной 200 мм, длиной 430 мм. Стальные пластины на длине бетонного блока, равной 430 мм, имели разные виды выштамповок. Исследуемые выштамповки имели постоянную глубину 4,5 мм и одинаковую общую площадь. Выштамповки наносились на пластины прессом, на котором были жестко закреплены специально изготовленные матрицы и пуансоны из высокопрочной стали. Виды выштамповок выбрали из числа наиболее часто применяемых за рубежом, которые располагались на стенках стальных профилированных листов, используемых в качестве внешней рабочей арматуры в сталежелезобетонных перекрытиях. Аналогами для «круглых» выштамповок (д) являлись выштамповки, выполняемые на наклонных стенках стальных профилированных листов немецкой фирмы «Becker» (Германия). Выштамповки «елочка» (а, б, в, г), используемые фирмами «Airterm» и «Bowman Metal decki» (США), отличались величиной угла, образованного ветвями выштамповок [2 - 3]. «Наклонные» выштамповки (ж) применяют фирмы «Wheeling Corrugating Company» и «Inryco floor System» (США). Выштамповки «змейка» (е) были предложены в соавторстве [4] (рис. 1).

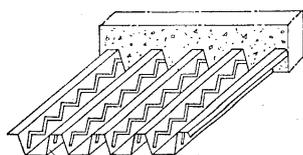


Рис. 1. Профилированный лист с выштамповками «змейка»

Исследования на сдвиг бетонной части модели (1) относительно неподвижно закрепленных на стенде стальных пластин (2) с разными типами выштамповок проводили при действии нагрузки  $P$  (рис. 2).

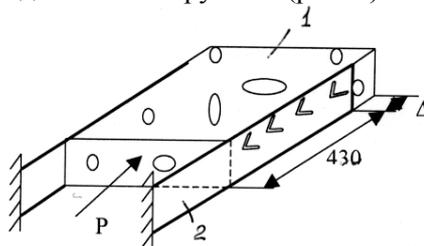


Рис. 2. Условная схема испытания на сдвиг

Для сравнительного анализа с целью оценки влияние вида выштамповок на сцепление с бетоном исследования проводились и на моделях с гладкими пластинами (без выштамповок). При этом оценивался опыт исследований сцепления металлооблицовок с бетоном, а также прочности контактных швов при сдвиге [5, 6].

Всего были изготовлены 21 модель с выштамповками (по три модели с одинаковыми видами) и три модели с гладкими пластинами. Испытания каждой модели продолжались до нарушения сцепления пластины с бетоном, которое соответствовало непрерывному росту сдвига бетонного блока при почти неизменяемой нагрузке. За предельно допустимый был принят сдвиг равный 0,3 мм, при превышении которого при незначительном росте нагрузки наблюдалось его значительное увеличение. По зависимостям «нагрузка - сдвиг» определялись нагрузки.

Результаты испытаний на сдвиг показали, что у моделей с гладкими пластинами сдвиг бетона относительно пластины появлялся при приложении нагрузки равной 1,5 кН. При нагрузке свыше 1,5 кН происходило нарастание сдвига бетона и при 1,9 кН сдвиг бетона относительно пластины составлял 0,3 мм. Предельная нагрузка составляла 2,5 кН (табл. 1).

Таблица 1. **Предельные сдвигающие нагрузки**

Обозначение пластины с выштамповками	Вид выштамповки	Нагрузка сдвига Р, кН		Прототип или разработчик выштамповки
		При сдвиге 0,3 мм	При разрушении	
гладкие	Гладкие	1,9	2,5	
а	 «ёлочка 75С»	8,8	14,6	ЦНИИПСК (Россия)
б	 «ёлочка 75Н»	10,6	18,8	ЦНИИПСК (Россия)
в	 «ёлочка 45Н»	11,4	13,9	Airtherm (США)
г	 «ёлочка 45С¹»	6,6	13,3	Airtherm (США)
д	 «круглые»	4	8,8	Becker (Германия)
е	 «змейка»	10	17,3	ЦНИИПСК (Россия)
ж	 «наклонные»	6,4	13,5	Inland-Ryerson (США)

Наименьшую нагрузку из моделей с выштамповками выдерживали модели с выштамповками «круглой» формы, диаметром 14,5 мм. Выштамповки располагались в шахматном порядке с шагом вдоль пластины 30 мм, поперек пластины - 22,5 мм. Согласно «следам» в бетоне наблюдалось практически полное отсутствие работы на сдвиг среднего ряда выштамповок (рис. 3).



Рис. 3. «Следы» в моделях с «круглыми» выштамповками

Работали выштамповки, расположенные ближе к краям пластин. Исследования подтвердили, что расположение выштамповок в середине высоты наклонных стенок стальных профилированных листов нерационально из-за способности стенок отслаиваться в срединной части во внешнюю сторону от гофра с началом выхода выштамповок из сцепления с бетоном. Следовательно, выштамповки необходимо располагать ближе к краям стенок.

Модели с «наклонными» выштамповками выдерживали большие предельные нагрузки сдвига, чем модели с «круглыми» выштамповками. Наклонные выштамповки длиной 66,5 мм, шириной 14 мм имели угол наклона к горизонта-

<sup>1</sup> В обозначениях образцов буквы «н» и «с» - направление угла выштамповки, образованного его ветвями, не совпадает с направлением сдвигающей нагрузки или совпадает, соответственно

ли  $45^\circ$ . Шаг составлял 38 мм. Согласно «следам» основное сопротивление в бетоне оказывали краевые части выштамповок, а средняя их часть оказывала значительно меньшее сопротивление (рис. 4). Если нагрузку сдвига разложить на две составляющие: по оси выштамповок и перпендикулярно ей, то при угле наклона выштамповок равном  $45^\circ$  обе составляющие равны 0,7 нагрузки сдвига, создаваемой домкратом. Составляющая нагрузки сдвига по оси направлена к нижнему краю выштамповок, следовательно, наибольшая нагрузка сдвига действовала на нижний край выштамповок. Отслоение средней части пластины при выходе выштамповок из сцепления с бетоном оказывало меньшее влияние на предельную нагрузку.



Рис. 4. «Следы» в моделях с «наклонными» выштамповками

Модели с выштамповками «елочка» (а, б, в, г), которые отличались значением угла, образованного её ветвями, выдерживали разные по величине предельные нагрузки. Выштамповки «елочка 75С» (а) и «елочка 75Н» (б) с длиной ветви равной 28,5 мм и шириной 12 мм и углом наклона оси ветвей к горизонтали  $75^\circ$ . Выштамповки «елочка 45Н» (в) и «елочка 45С» (г) имели такие же размеры, но угол наклона к горизонтали составлял  $45^\circ$ . При испытании на сдвиг большую предельную нагрузку выдерживали модели с большим углом наклона. Оказалось, что модели, у которых направления нагрузки сдвига и угла ветвей совпадали, имели меньшую предельную нагрузку. Что можно объяснить тем, что составляющие нагрузки сдвига, разложенные по осям ветвей при несовпадении направлений нагрузки сдвига и угла, образованного ветвями выштамповок, имели направления к краям выштамповок, а при совпадении направлений - в угол между ветвями выштамповок «елочка». Составляющие нагрузки сдвига при угле наклона ветви выштамповок  $45^\circ$  обе были равны 0,7 нагрузки сдвига ( $\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 0,7$ ), а при угле  $75^\circ$  составляющие нагрузки сдвига по осям ветвей имели величину 0,26 нагрузки сдвига ( $\cos 75^\circ$ ), а перпендикулярные составляющие 0,97 нагрузки сдвига ( $\sin 75^\circ$ ).

Таким образом, в моделях с выштамповками «елочка», в которых направления нагрузки сдвига и угла между ветвями совпадали, концентрация напряжений происходила в углу между ветвями по сравнению с моделями, в которых эти направления не совпадали. При этом, чем меньше угол между ветвями, тем большие составляющие нагрузки сдвига действовали в углу между ветвями у моделей с выштамповками «елочка». Так, в углу между ветвями, наклонными к горизонтали под  $45^\circ$ , составляющие нагрузки сдвига по осям суммировались и были равны 1,4 нагрузки сдвига, а по длине ветви действовала меньшая перпендикулярная составляющая, равная 0,7. Поэтому в углах между ветвями нагрузки сдвига вызывали большие сколы бетона, чем по длинам ветвей, что подтверждали «следы» в бетоне (рис. 5).

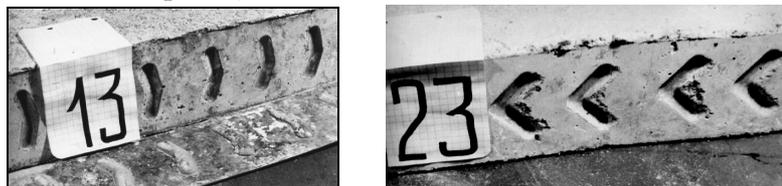


Рис. 5. «Следы» в моделях с выштамповками «елочка» («а», «г») при совпадении направлений

В моделях с выштамповками «елочка» с углом наклона ветвей  $75^\circ$  в углах действовала суммарная составляющая нагрузки сдвига, равная 0,52 нагруз-

ки сдвига, а по ветвям перпендикулярная составляющая, равная 0,97, то есть перпендикулярная составляющая оказывала большее воздействие, что подтверждают сколы бетона по длине, которые не наблюдались при другом угле между ветвями. При несовпадении направлений нагрузки сдвига и угла ветвей выштамповок составляющая нагрузки вдоль осей ветвей направлена к краям ветвей, то есть большая нагрузка действовала по краям, что подтверждали «следы» в бетоне, где по краям большая площадь бетона была сколота (рис. 6). Это объясняет разные значения предельных нагрузок, выдерживаемых моделями с выштамповками «елочка», различающимися величиной угла между ветвями, при совпадении направлений нагрузки сдвига и угла между ветвями и при несовпадении этих направлений. При совпадении направлений нагрузки сдвига и угла ветвей лучше работали выштамповки с большим углом между ветвями.

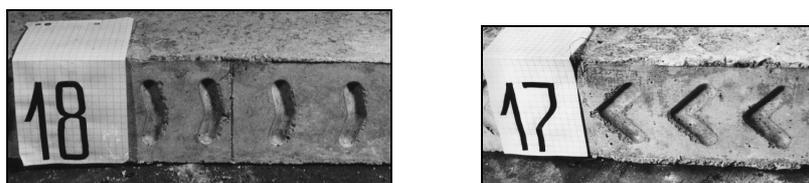


Рис. 6. «Следы» в моделях с выштамповками «елочка» («б», «в») при несовпадающем направлении

При несовпадении направлений нагрузки и угла между ветвями выштамповок при наклоне ветвей к горизонтали  $45^\circ$  перпендикулярные составляющие нагрузки сдвига равны 0,7, а при  $75^\circ$  - 0,97. Поэтому при одинаковых нагрузках сдвига меньшие по значениям перпендикулярные составляющие у первых моделей вызывали меньший сдвиг, чем у вторых моделей. Однако предельную нагрузку вторые модели выдерживали большую, чем первые, что можно было объяснить меньшими значениями составляющих нагрузки сдвига, действующих по осям на краях ветвей. У первых моделей эти составляющие были равны 0,7 действующей нагрузки сдвига, а у вторых моделей – 0,26.

Выштамповки «змейка» длиной 75,5 мм и шириной 14,5 мм имели угол наклона к горизонтали  $57^\circ$ . Расстояние между выштамповками было равно 19 мм. Составляющие нагрузки сдвига по осям ветвей были равны 0,84 нагрузки сдвига, а перпендикулярные составляющие - 0,54. Выходу из сцепления с бетоном каждой ветви выштамповок препятствовала следующая за ней ветвь. Составляющие нагрузки сдвига по осям ветвей равномерно передавались в угол каждой ветви, что подтверждали большие площади скола бетона в углах модели. Ветви выштамповок, последовательно включаясь в работу, вызывали равномерное восприятие нагрузки сдвига по всей длине выштамповок, включая и среднюю часть. В моделях с выштамповками «змейка» сопротивление сдвигу как видно по «следам» в бетоне было равномерным по всей высоте выштамповки (рис. 7).

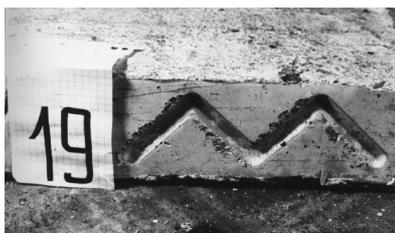


Рис. 7. «Следы» в моделях с выштамповками «змейка» («е»)

Оценка результатов испытаний на сдвиг моделей с разными видами выштамповок, нанесенных на грани стальных пластин, по сравнению с работой моделей с гладкими пластинами показала их влияние на сцепление с бетоном. Во-первых, выштамповки необходимо располагать ближе к краям стенок. Во-вторых, работа моделей с выштамповками «елочка» зависела от величины угла наклона ветвей выштамповок к горизонтали и от направления сдвигающей нагрузки относительно угла между ветвями выштамповок и не зависела от площади поперечного сечения выемки, образованной в бетоне. При совпадении направлений нагрузки сдвига и угла между ветвями выштамповок сопротивление сдвигу бетона относительно пластин у моделей было меньше, чем при несовпадении этих направлений. При совпадении направлений лучше работали модели с выштамповками «елочка» с большим углом наклона, а при несовпадении направлений - нарастание сдвига бетона происходило медленнее у моделей с меньшим углом наклона.

Наибольшее сцепление с бетоном получено для моделей с выштамповками «змейка».

#### Л и т е р а т у р а

1. *J. M. Aribert et A.L. Bitar*. Examples de dimensionnement de poutres de Planchers mixtes avec dalle coulee dans un bac collaborant et un faible degre de connexion // *Construction metallique*. – N. 2. – 1990. – P. 73 - 88.
2. ASC Steel deck. Composite and NoN-Composite. Deck Catalog. May 2014. 180p.
3. TATA Steel ComFlor. Composite floor decking. Catalog. – 2013. – 31p.
4. А.с. 1557289. 5E04C5/03. Арматура для бетона. / Э.Л. Айрумян, Беляев В.Ф., Румянцева И.А., Росляков В.Ф., Кузнецов Н.А., Голованов С.Б., Алексеев В.А. // *БИ*. 1990. – №14. – С. 160.
5. *Лисичкин С.Е., Рубин О.Д., Лисичкин А.С.* Напряженно-деформированное состояние и армирование компенсационных участков сталежелезобетонных напорных водоводов// *Гидротехническое строительство*. – 2013. – № 8. – С. 29-34.
6. *Рубин О.Д., Лисичкин С.Е., Ляпин О.Б.* Совершенствование железобетонных конструкций энергетических сооружений// *Гидротехническое строительство*. – 1999. – №8/9. – С. 71-75.

#### R e f e r e n c e s

1. *JM Aribert et AL Bitar* (1990). Examples de dimensionnement de poutres de Planchers mixtes avec dalle coulee dans un bac collaborant et un faible degre de connexion. *Construction metallique*, No 2, p. 73 - 88.
2. ASC Steel deck. Composite and NoN-Composite. Deck Catalog. May 2014, 180p.
3. TATA Steel ComFlor. Composite floor decking. Catalog. 2013, 31p.
4. А.с. 1557289. 5E04S5/03. Арматура dlja betona. *Ajrummyan EL, Belyaev VF, Rumyanceva IA, Roslyakov VF, Kuznetsov NA, Golovanov SB, Alekseev VA*. *BI*. 1990, № 14, p. 160.
5. *Lisichkin SE, Rubin OD, Lisichkin AS* (2013). Naprjazhenno-deformirovannoe sostojanie i armirovanie kompensacionnyh uchastkov stalezhelezobetonnnyh napornnyh vodovodov. *Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo*. № 8, p. 29-34.
6. *Rubin OD, Lisichkin SE, Ljapin OB* (1999). Sovershenstvovanie zhelezobetonnnyh konstrukcij jenergeticheskijh sooruzhenij. *Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo*, №8/9, p. 71-75.

## EXPERIMENTAL RESEARCHES SLIP'S WORK DIFFERENTS EMBOSSEMENTS

Rumyanceva I.A.

In the article are news experimental researches slip's work different embossmets. Investigated the influence of the type of embossing on adhesion to concrete for improve collaboration steel sheeting in composite slabs with the steel sheets. Found most effective type embossmets of adhesion to concrete.

KEY WORDS: embossmets, adhesion to concrete, slip's work, profiled steel decking, composite slab.