

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБЖАТИЯ СТЫКОВ НА РАБОТУ СМЕЖНЫХ СТОЕК В СТЕРЖНЕВОМ ПРОСТРАНСТВЕННОМ ПОКРЫТИИ ИЗ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ РАМ

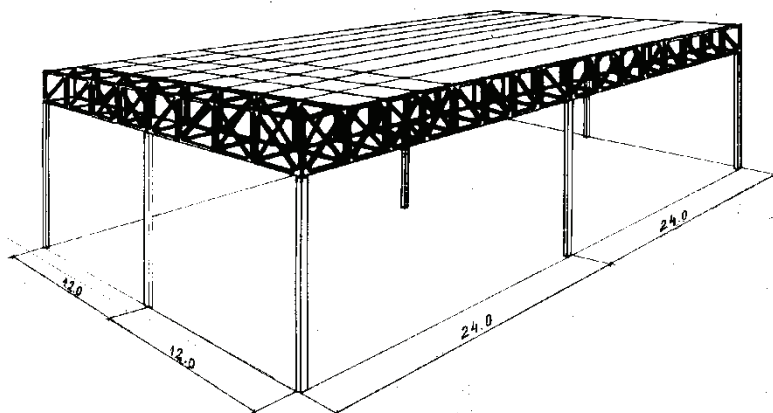
В.А. Филиппов

Тольяттинский государственный университет  
ул. Белорусская, 14, Тольятти, Россия, 445667

Рассматриваются результаты испытания опытного фрагмента пространственного стержневого покрытия из предварительно напряженных непрерывно армированных рамных элементов внешней нагрузкой. Приводятся результаты работы стоек смежных рам и предварительно обжатого болтового стыка нижнего пояса рам под нагрузкой, экспериментально определено влияние усилия обжатия стыка на работу стоек смежных рам.

**Ключевые слова:** непрерывное армирование, обжатие стыков, нагружение, трещиностойкость, деформативность стыков, расчетная схема.

В пространственном стержневом покрытии, представляющем собой систему перекрестных ферм, собранных из железобетонных предварительно напряженных, непрерывно армированных канатами К1500 диаметром 6 мм рам, соединенных в уровне верхнего пояса сваркой закладных деталей, а в уровне нижних поясов высокопрочными натяжными болтами (рис. 1), пропущенными через открылки внутренних анкеров [1—4], распределение усилий в элементах покрытия от нагрузок и в частности в стойках смежных рам зависит от усилия обжатия нижних стыков, обеспечивающих нераскрытие стыков и постоянную жесткость нижнего пояса фермы.



**Рис. 1.** Пространственное стержневое покрытие из предварительно напряженных железобетонных рам

Экспериментальные исследования влияния усилия предварительного обжатия стыков на работу смежных стоек проводились на плоском фрагменте (рис. 2, 3), составленном из трех рам, представляющих собой часть контурной фермы покрытия. В экспериментальных рамах отсутствовали нижние выступы, с помощью которых рамы упираются друг в друга в покрытии, и вместо них был поставлен набор металлических пластин, по выпадению которых контролировалось раскрытие стыка.

Уровень натяжения стыковых болтов по нижнему поясу контролировали с помощью динамометрического ключа и тензорезисторов, наклеенных на болты. Величина усилия обжатия стыков принималась равной усилию в поясах первой и второй рам покрытия. Усилие в болтах стыка 1 составило 9,045 т, а в болтах стыка 2 — 9,04 т. К моменту испытаний вследствие потерь напряжения обжатие стыка 1 составило 8,85 т (95%), а стыка 2 — 8,62 т (95,7%). Фрагмент был оперт на катковые опоры, одна из которых была неподвижной.

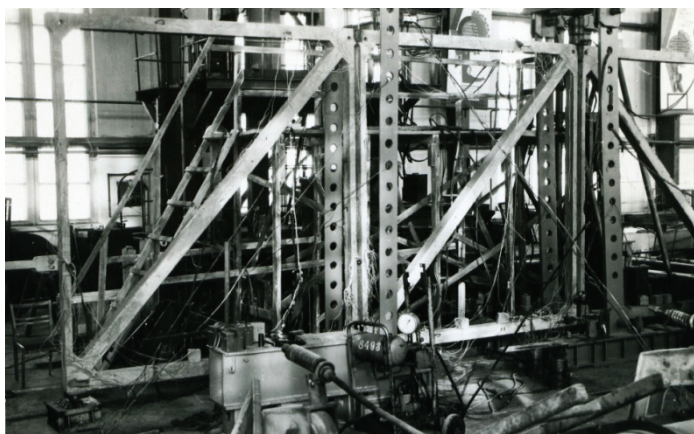


Рис. 2. Плоский фрагмент покрытия перед испытанием

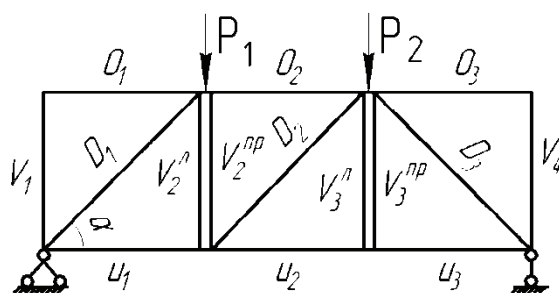


Рис. 3. Схема фрагмента

Для оценки трещиностойкости и несущей способности элементов рам и работы стыков фрагмент загружался двумя домкратами в узлах верхнего пояса силами  $P_1$  и  $P_2$ , в соотношении  $P_2/P_1 = 1/0$  при первом нагружении и в соотношении  $0,7/1,0$  при втором нагружении.

При оценке влияния уровня обжатия стыка на работу смежных стоек узла 1 опытный фрагмент загружался только одной силой в узле 2 до полного раскрытия стыка.

На схеме (рис. 4)  $U_1$  и  $U_2$  — усилия, в нижних поясах рам Р-1 и Р-2 возникающие под действием нагрузки;  $U_{ст}$  — усилие обжатия стыка натяжными болтами;  $D_2$  — усилие в раскосе рамы Р-2;  $V_2^{лв}$  и  $V_2^{прав}$  — усилия в смежных стойках. При внешней нагрузке, равной нулю, усилие обжатия стыка составляло 8,85 т.

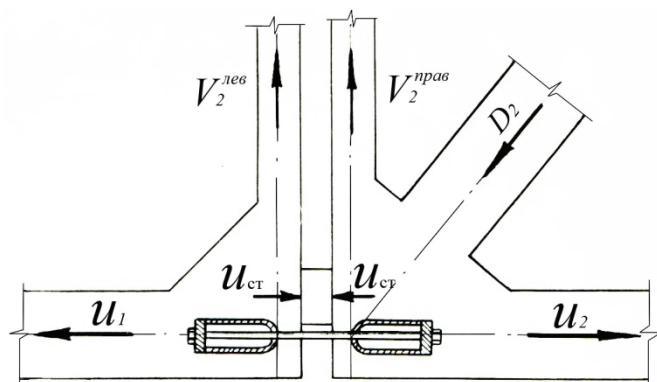


Рис. 4. Схема нижнего стыка и усилий в нем

На основании данных испытаний построена диаграмма работы стоек и изменения усилия обжатия стыка в зависимости от внешней нагрузки (рис. 5). По оси абсцисс откладывается испытательная нагрузка, а по оси ординат — усилие обжатия стыка  $U_{об.ст}$  и усилия в стойках  $V_2^{прав}$  и  $V_2^{лв}$ .

Из графика видно, что до нагрузки 7 т (обжатие стыка при этом составило 6,3 т или 71% от первоначального) стойки  $V_2^{прав}$  и  $V_2^{лв}$  работали совместно, при этом растягивающее усилие в нижнем поясе первой рамы  $U_1$  составило 2,55 т. Начиная с нагрузки 7 т усилие в правой стойке возрастало интенсивней, чем в левой.

Это указывает на то, что силы трения в стыке между рамами недостаточны для совместной работы стоек. Начиная с нагрузки 16 т (обжатие стыка при этом было равно 2,55 т или 30% от первоначального усилия) и до 18,5 т усилие в левой стойке практически стабилизировалось и составляло порядка 2,0 т. Прирост усилия в стойках при дальнейшем нагружении фрагмента воспринимался только правой стойкой. При нагрузке 19,2 т (обжатие стыка составило 1,5 т или 18% от первоначального усилия) усилие в левой стойке стало уменьшаться, при нагрузке 21,8 т она выключилась из работы, и все усилие стала воспринимать правая стойка. Обжатие стыка при этом составило 0,45 т или около 0,05% от первоначального значения.

Минимальное усилие обжатия стыка, при котором левая стойка была включена в работу, равнялась 1,5 т. Суммарное усилие в стойках при этом было равно 6,4 т, причем на левую стойку приходилось 34,5%, а на правую — 65,5% всего усилия.

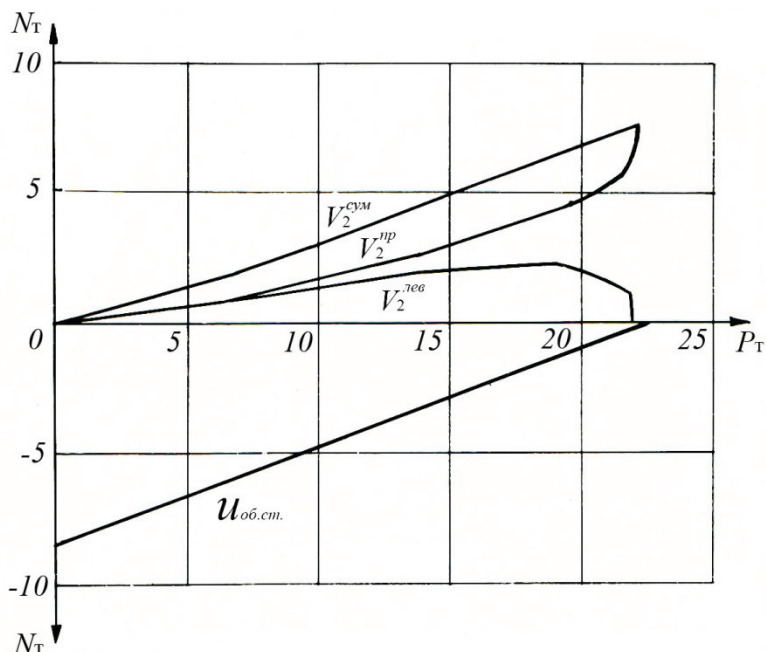


Рис. 5. Диаграмма работы стоек в стыке 1

Необходимое обжатие стыка при расчетной нагрузке для обеспечения совместной работы стоек можно определить из условия его нераскрытия равно

$$N_{ст} \cdot f = \gamma_{ст} V_{\Sigma}, \quad N_{ст} = \frac{\gamma_{ст} V_{\Sigma}}{f}, \quad (1)$$

где  $N_{ст}$ ,  $V_{\Sigma}$  — необходимое усилие обжатия стыка и суммарное усилие в смежных стойках при расчетной нагрузке;  $f$  — коэффициент трения в стыке;  $\gamma_{ст}$  — коэффициент надежности работы стыка, в рассматриваемых соединениях его можно принять равным 1,25.

Расчетное усилие обжатия стыка, обеспечивающее совместную работу стоек, равно расчетному усилию в нижнем поясе плюс необходимое усилие обжатия стыка

$$N_{об.ст} = U_1 + N_{ст} = U_1 + \frac{\gamma_{ст} V_{\Sigma}}{f}, \quad (2)$$

где  $U_1$  — расчетное усилие в стыке от внешней нагрузки

Первая трещина в стойке  $V_2^{np}$  появилась в месте ее примыкания к вуту верхнего пояса в зоне анкеровки напрягаемой арматуры при нагрузке 11,0 т. Усилие растяжения в ней в этот момент равнялось 2,0 т. Аналогичная трещина в стойке  $V_2^{лв}$  появилась при нагрузке 13,3 т при усиллии растяжения в ней 1,9 т. По длине стоек трещин не было. При дальнейшем нагружении величина раскрытия трещины начала резко возрастать, так как напрягаемая арматура в стыке стоек и верхнего

пояса стала проскальзывать в отверстие из-под упора формы, на который она навивалась. На этом этапе испытания приостановили, нагрузку довели до нуля и отверстия из-под упоров в верхнем поясе во всех рамах заделали бетоном на напрягающемся цементе. После этого испытания продолжили.

В момент выключения левой стойки из работы, усилие растяжения в правой стойке составило 7,3 т или 95% от теоретического усилия трещинообразования, трещины по длине стоек не образовались.

\*\*\*

Совместная работа стоек смежных рам в покрытии, как и контролируемое распределение усилий в стержнях пространственного покрытия зависит от величины обжатия нижних стыков.

Величину обжатия стыка  $N_{ст}$ , обеспечивающую совместную работу смежных стоек рекомендуется определять при уточненном коэффициенте трения бетона по бетону по формуле (1).

Для уменьшения зон анкеровки напрягаемой арматуры в стойках в местах их примыкания к верхнему поясу, напрягаемую арматуру необходимо навивать на анкерные втулки надетые на упоры формы.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Филиппов В.А. Пространственное стержневое покрытие блочного типа из предварительно напряженных рамных элементов / Г.И. Бердичевский, Л.В. Руф, В.А. Филиппов // Расчет и конструирование железобетонных конструкций: Труды НИИЖБ, 1977. — Вып. 39. — С. 106—115. [*Philippov V.A. Spatial block type rod coating of pre-stressed frame elements / G.I. Berdichevsky, L.V. Ruf, V.A. Philippov // Calculation and design of reinforced concrete structures: SRICRC Works, 1977. — Vol. 39. — 106—115 pp.*]
- [2] А.с. 649803 СССР, МКл Е 04 В 7/14. Железобетонное покрытие. [Текст] / Г.И. Бердичевский, Н.Я. Сапожников, Л.В. Руф, Г.А. Гамбаров, А.К. Каракровский, В.А. Филиппов, (СССР). — № 2488021 / 29—33; заявл. 20.05.77; опубл. 28.02.79, Бюл. № 8. — 4 с.: ил. [I.c. 649803 the USSR, МКl (E 04 7/14. — Concrete coating. [Text] / G.I. Berdichevsky, N.Y. Sapozhnikov, L.V. Ruf, G.A. Gambarov, A.K. Karakovskiy, V.A. Philippov, (USSR). — № 2488021 / 29—33; Appl. 20.05.77; publ. 28.02.79, Bull. № 8. — 4 pp.]
- [3] Филиппов В.А. Прочность, трещиностойкость и деформативность узлов и стыков пространственного стержневого железобетонного покрытия блочного типа из предварительно напряженных рамных элементов: монография / В.А. Филиппов, А.П. Садыков. — Тольятти: Изд-во ТГУ, 2011. — 235 с.: обл. [*Philippov V.A. Strength, crack resistance and deformability of units and joints of spatial rod reinforced concrete coating of block type of pre-stressed frame elements: monograph / V.A. Philippov, A.P. Sadykov. — Togliatti: TSU, 2011. — 235 pp.*]
- [4] Филиппов В.А. Исследование работы стыков и узлов пространственного стержневого покрытия из предварительно напряженных рамных элементов // Вестник ВСГТУ. — 2010. — № 3. — С. 67—74. [*Philippov V.A. The research of joints and units of spatial rod coverage of the pre-stressed frame elements // Journal of ESSUTM. — 2010. — Vol. 3. — 67—74 pp.*]

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE DIMENSION  
OF JOINTS PRELIMINARY REDUCTION  
IN THE SPATIAL ROD COATING ON THE WORK  
OF THE ADJACENT JOINTS**

**V.A. Philippov**

Togliatti State University  
*Belorusskaya str., 14, Togliatti, Russia, 445667*

The article deals with the design of an experimental fragment of spatial rod coating of the pre-stressed continuously reinforced frame elements and the external load testing approach. There some results of the research of the work of the racks and pre-cogged bolt nodes of the lower part of frames under load. Also it is what the impact of the force of joints reduction on the work of adjacent frames racks. Due to the experimental data the joints reduction force calculating approach is given.

**Key words:** continuous reinforcement, joints reduction, stressing, loading, crack resistance, deformation property, bolting, calculation scheme.