

# Экспериментальные исследования влияния свесов сжатых полок на несущую способность по наклонным сечениям в изгибающихся железобетонных балках таврового профиля при действии поперечных сил

И.Н.Старишко

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований с целью совершенствования существующей методики расчетов изгибающихся железобетонных элементов таврового профиля по наклонным сечениям. Как показывают опыты, в балках таврового профиля с увеличением длины пролета среза (изгибающих моментов) происходит постепенное увеличение влияния свесов сжатых полок на несущую способность по наклонным сечениям до значений, при которых балки разрушаются по нормальным сечениям. Более существенно повышение влияния свесов на несущую способность по наклонным сечениям происходит в балках таврового профиля с поперечной арматурой при малой толщине ребра в поперечном сечении ( $b/h=0,19$  – балки мостов и других инженерных сооружений). В действующих в настоящее время нормативных документах СП 63.13330.2012 при расчетах прочности по наклонным сечениям изгибающихся железобетонных элементов таврового профиля влияние свесов сжатых полок совсем не учитывается, даже при наличии поперечной арматуры.

**Ключевые слова:** несущая способность, наклонные сечения, изгибающие элементы.

## Experimental Research of Influence Overhangs Compressed Shelves on the Bearing Capacity on a Sloping-Section, in Bent Reinforced Concrete Beams T-Sections under the Effect of Shear Forces. By I.N.Starishko

The article presents the results of experimental studies with the aim of improving the existing methods of calculation of flexible reinforced concrete elements of the T-shaped profile of the inclined sections. Experiments show that in T-shaped beams with increasing length of the slice span (bending moments) there is a gradual increase in the influence of compressed shelves overhangs on the bearing capacity of the inclined cross sections up to values at which the beams are destroyed on the normal sections. The impact of overhangs on the bearing capacity of the inclined sections increases more significantly in T-shaped beams with transverse reinforcement with small thickness of the ribs in cross section ( $b/h=0,19$  – beams of bridges and other engineering structures). In the current normative documents SP 63.13330.2012 in the calculations of the strength of the inclined sections of the bent reinforced concrete elements of T-profile the impact of overhangs compressed shelves isn't taken into account even in the presence of transverse reinforcement.

**Key words:** bearing capacity, inclined section, bent elements.

Для совершенствования модели расчёта по определению прочности изгибающихся железобетонных элементов таврового профиля по наклонным сечениям необходимо экспериментально установить долю влияния каждого из многочисленных факторов на несущую способность исследуемых элементов.

В данной работе изложены результаты экспериментальных исследований влияния на несущую способность по наклонным сечениям при действии поперечных сил следующих факторов: размеров свесов сжатых полок в балках таврового профиля в зависимости от длины пролёта среза и количества поперечной арматуры, величины предварительного напряжения продольной арматуры, а также приведены виды разрушения по наклонным сечениям балок таврового профиля.

В СНиП 2.03.01-84\* влияние свесов сжатых полок на несущую способность изгибающихся железобетонных элементов по наклонным сечениям принято на основании экспериментальных исследований и особенно исследований, проведённых Ч. Игнатовичем [5], в которых отсутствуют балки таврового профиля без поперечной арматуры, а также предварительно напряжённые балки.

Для развития изложенных им в [5] экспериментальных и теоретических исследований автором статьи дополнительно построены графики (рис. 1), из которых наглядно видно, что в изгибающихся железобетонных элементах с увеличением длины пролёта среза несущая способность по наклонным сечениям снижается в зависимости от количества поперечной арматуры, формы поперечного сечения и других факторов. Для большей наглядности влияния вышеуказанных факторов в процессе дополнительной обработки результатов экспериментальных исследований, изложенных Ч. Игнатовичем [5], автор приводит также таблицу 1. По результатам анализа дополнительных исследований установлено, что в изгибающихся железобетонных балках таврового профиля без предварительного напряжения продольной арматуры влияние размеров свесов сжатых полок на несущую их способность по наклонным сечениям зависит от многих факторов, в том числе от количества поперечной арматуры, от длины пролёта среза, от толщины ребра в поперечном сечении балок (см. данные, приведенные в таблицах 1 и 2).

Влияние размеров свесов сжатых полок на несущую способность балок по наклонным сечениям в таблицах 1 и 2 выражено через отношение несущей способности балок таврового профиля к несущей способности аналогичных балок прямоугольного профиля.

По данным таблицы 1 видно, что наименьшее влияние свесов сжатых полок на несущую способность по наклонным

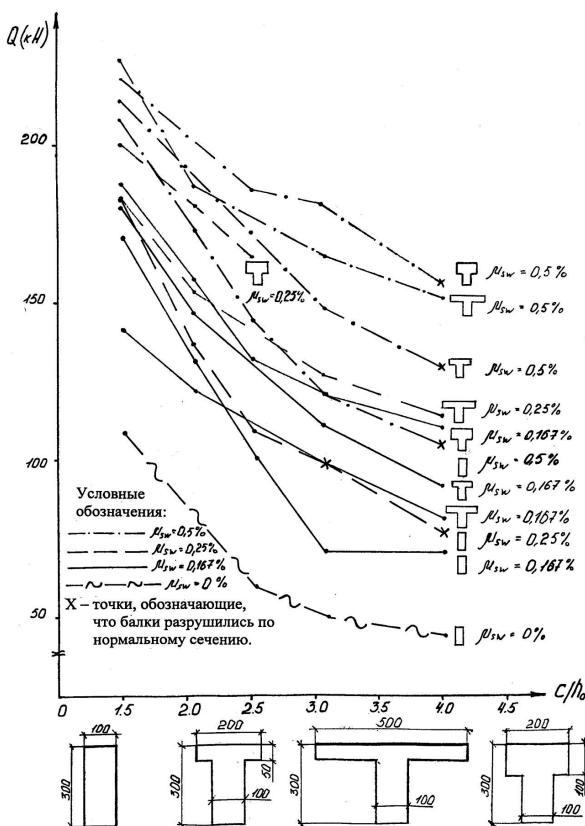


Рис. 1. Влияние относительного пролета среза на несущую способность по наклонным сечениям в зависимости от поперечного армирования и от размера свесов сжатых полок

Влияние свесов сжатых полок на несущую способность изгибаемых железобетонных балок по наклонным сечениям (по вертикали) в зависимости от величины пролёта среза и процента поперечного армирования (по горизонтали).

№ схем поперечного сечения балок	Схемы поперечного сечения балок	Отношение несущей способности балок таврового профиля по схемам 2,3,4( $Q_{\text{схема},n}^{\text{нк}}$ ) к несущей способности балок прямоугольного профиля по схеме 1( $Q_{\text{схема},1}^{\text{нк}}$ ) ( $Q_{\text{схема},n}^{\text{нк}}/(Q_{\text{схема},1}^{\text{нк}})$ )											
		Расстояние от опоры до линии действия нагрузки (пролёт среза)											
		$c=1,5h_0$				$c=3h_0$				$c=4h_0$			
		Количество поперечной арматуры $\mu_{sw}$ (%)											
0	0,167	0,25	0,5	0	0,167	0,25	0,5	0	0,167	0,25	0,5		
1		110	167,5	182,5	207,5	50	70	97,5*	125	45	70	75*	102,5*
2			$\frac{180}{167,5} = 1,07$		$\frac{212}{207,5} = 1,02$		$\frac{110}{70} = 1,57$		$\frac{147,5}{125} = 1,18$	$\frac{90}{70} = 1,29$	$\frac{102}{75} = 1,36$	$\frac{130}{102,5} = 1,27$	
3			$\frac{140}{167,5} = 0,84$	$\frac{182,5}{182,5} = 1,0$	$\frac{227}{207,5} = 1,09$		$\frac{97,5}{70} = 1,39$	$\frac{127,5}{97,5} = 1,31$	$\frac{163}{125} = 1,30$	$\frac{80}{70} = 1,14$	$\frac{112,5}{75} = 1,5$	$\frac{150}{102,5} = 1,47$	
4			$\frac{187,5}{167,5} = 1,12$	$\frac{205}{182,5} = 1,12$	$\frac{220}{207,5} = 1,06$		$\frac{120}{70} = 1,71$		$\frac{180}{125} = 1,44$	$\frac{108,5}{70} = 1,55$	$\frac{127,5}{75} = 1,7$	$\frac{155}{102,5} = 1,51$	

сечениям происходит в балках таврового профиля с малыми пролётами среза ( $c=1,5h_0$ ).

При этом, в некоторых балках таврового профиля с широкими свесами сжатых полок ( $v_{cb}/h_f' = 20 \text{ см}/5 \text{ см} = 4$ ) с малыми пролётами среза ( $c=1,5h_0$  и  $c=2h_0$ ), а также с малым количеством поперечной арматуры ( $\mu_{sw}=0,167\%$ ) несущая способность по наклонным сечениям оказалась меньше несущей способности аналогичных балок прямоугольного профиля (таблица 1, схема поперечного сечения 3).

В балках таврового профиля с увеличением длины пролёта среза ( $c$ ) происходит понижение их несущей способности по наклонным сечениям, однако влияние свесов сжатых полок на несущую способность указанных балок существенно повышается (таблица 1, схемы поперечного сечения 2, 3 и 4).

Этим объясняется тот фактор, что в балках таврового профиля влияние длины пролёта среза на несущую способность по наклонным сечениям значительно меньше, чем в балках прямоугольного профиля.

С увеличением толщины свесов сжатых полок при постоянной их ширине несущая способность балок по наклонным сечениям возрастает.

Так, в балке с малыми пролётами среза ( $c=1,5h_0$ ) и количеством поперечной арматуры  $\mu_{sw}=0,167\%$  при отношении  $v_{cb}/h_f'=5 \text{ см}/5 \text{ см} = 1$  свесы сжатых полок повысили несущую способность балки таврового профиля в 1,07 раза больше по сравнению с аналогичной балкой прямоугольного профиля (таблица 1, схема поперечного сечения 2).

При увеличении толщины свесов сжатых полок  $h_f'$  до отношения  $v_{cb}/h_f'=5 \text{ см}/10 \text{ см} = 0,5$ , несущая способность балки таврового профиля, как указано выше, оказалась в 1,12 раза

Таблица 1.

Продолжение таблицы 1

Влияние свесов сжатых полок на несущую способность изгибаемых железобетонных балок по наклонным сечениям (по вертикали) в зависимости от величины пролёта среза и процента поперечного армирования (по горизонтали).

№ схемы поперечного сечения балок	Схемы поперечного сечения балок	Отношение несущей способности балок таврового профиля по схемам 2,3,4( $Q_{\text{схема}}^{\text{нн}}$ ) к несущей способности балок прямоугольного профиля по схеме 1( $Q_{\text{схема}1}^{\text{нн}}$ ) ( $Q_{\text{схема}}^{\text{нн}}/(Q_{\text{схема}1}^{\text{нн}})$ )							
		Расстояние от опоры до линии действия нагрузки (пролёт среза)							
		$c=2h_0$				$c=2,5h_0$			
		Количество поперечной арматуры $\mu_{sw}$ (%)							
		0	0,167	0,25	0,5	0	0,167	0,25	0,5
1		95	130	135	172,5	60	100	107,5	142,5
2			$\frac{147,5}{130} = 1,135$		$\frac{195}{172,5} = 1,13$			$\frac{137}{107,5} = 1,28$	$\frac{172,5}{142,5} = 1,21$
3			$\frac{122,5}{130} = 0,942$	$\frac{152,5}{135} = 1,13$	$\frac{189}{172,5} = 1,09$		$\frac{112,5}{100} = 1,125$	$\frac{142,5}{107,5} = 1,326$	$\frac{172}{142,5} = 1,207$
4			$\frac{155}{130} = 1,192$	$\frac{180}{135} = 1,333$	$\frac{217,5}{172,5} = 1,26$		$\frac{130}{100} = 1,3$	$\frac{162,5}{107,5} = 1,51$	$\frac{187,5}{142,5} = 1,316$

Примечания: 1) цифры отмеченные (\*) обозначают, что балка разрушилась по нормальным сечениям;

2) значения поперечных сил приведены в кН

3) Результаты опытов, приведенные в таблице 1 для балок с длиной пролёта среза  $c=4h_0$ , не могут быть приняты для каких-то выводов или замечаний в качестве достоверных, так как большая часть указанных балок (отмеченных в таблицах звёздочками) разрушилась не по наклонным, а по нормальным сечениям.

больше чем у аналогичной балки прямоугольного профиля (таблица 1, схема поперечного сечения 4).

С увеличением длины пролёта среза влияние свесов сжатых полок на несущую способность балок по наклонным сечениям возрастает.

Так, в балке таврового профиля с пролётом среза  $c=3h_0$  и количеством поперечной арматуры  $\mu_{sw}=0,167\%$ , при небольших размерах свесов сжатых полок ( $b_{cb}/h_f=5\text{ см}/5\text{ см}=1$ ) несущая способность по наклонным сечениям оказалась в 1,57 раза больше чем у балки прямоугольного профиля (таблица 1, схема поперечного сечения 2). В аналогичной же балке таврового профиля с малым значением длины пролёта среза  $c=1,5h_0$  свесы сжатых полок повысили её несущую способность по наклонным сечениям, как отмечено выше, всего лишь в 1,07 раза больше по сравнению с балкой прямоугольного профиля.

В балке таврового профиля с пролётом среза  $c=3h_0$  и количеством поперечной арматуры  $=0,167\%$ , толстые короткие свесы сжатых полок ( $b_{cb}/h_f=5 \text{ см}/10 \text{ см}=0,5$ ) повысили её несущую способность по наклонным сечениям в 1,71 раза больше по сравнению с балкой прямоугольного профиля. В аналогичной же балке таврового профиля с малым значением длины пролёта среза  $c=1,5h_0$  свесы сжатых полок повысили несущую способность по наклонным сечениям, как отмечено выше, всего лишь в 1,12 раза больше по сравнению с балкой прямоугольного профиля.

Таким образом, наиболее существенное повышение несущей

способности балок таврового профиля по наклонным сечениям за счет работы свесов сжатых полок происходит в балках с короткими толстыми свесами с увеличением длины пролета среза (таблица 1, схема поперечного сечения 4).

Для проверки приведённых выше в данной статье результатов исследований, а также данных, заложенных в СНиП 2.03.01 – 84\* [3], а впоследствии и данных, заложенных в СП 63.1330.2012 [1], автором статьи проведены экспериментальные исследования большого числа самостоятельно изготовленных и испытанных балок прямоугольного и таврового профиля, часть которых приведена в таблице 2.

Балки прямоугольного и таврового профиля высотой сечение  $h=310 \text{ мм}$  и с тонкой шириной ребра  $b=60 \text{ мм}$  ( $0,19h$ ) имели в нижней зоне уширения, предназначенные для расположения продольной напрягаемой (а в некоторых балках ненапрягаемой) арматуры, а также для обеспечения их устойчивости в процессе испытаний. Средняя ширина сжатых полок в балках таврового профиля составляла  $b'_f=290 \text{ мм}$ , большая ширина сжатых полок составляла  $b'_f=520 \text{ мм}$  (масштабные модели балок пролётных строений мостов).

Продольная арматура как в напрягаемых, так и в ненапрягаемых балках состояла из  $3\varnothing 12 \text{ A-V}$ . Прочность бетона в среднем составляла  $35 \text{ МПа}$ .

Указанные балки, приведенные в таблице 2, были изготовлены без поперечной арматуры ( $\mu_{sw}=0\%$ ) и с наличием поперечной

арматуры при её процентном содержании  $\mu_{sw}=1,3\%$  (2Ø5 B<sub>p</sub>-I расположенной с шагом S=5см) и  $\mu_{sw}=1,9\%$  (2Ø6 A-III расположенной также с шагом S=5см). Балки таврового профиля имели среднюю и большую ширину свесов сжатых полок:  $b_{cb}=115$  мм (2,58h'<sub>f</sub>) и  $b_{cb}=230$  мм (5,52h'<sub>f</sub>).

На основании данных таблицы 2 установлено, что в балках без поперечной арматуры и без предварительного напряжения нижней продольной арматуры свесы сжатых полок повысили несущую способность по наклонным сечениям при средней их ширине равной 2,58h'<sub>f</sub> – в 1,118 раза, а при

**Таблица 2. Влияние свесов сжатых полок, а также количества поперечной арматуры на несущую способность изгибаемых железобетонных балок по наклонным сечениям**

№ балок	Схема поперечного сечения балок	Величина предварительного напряжения в продольной арматуре	Наличие поперечной арматуры	Разрушающая нагрузка кН	Отношение опытной разрушающей нагрузки балок таврового профиля к разрушающей нагрузке аналогичных балок прямоугольного профиля (влияние свесов сжатых полок на несущую способность балок по наклонным сечениям)	Отношение опытной разрушающей нагрузки балок с поперечной арматурой к разрушающей нагрузке аналогичных балок без поперечной арматуры (влияние количества по- перечной армату- ры на несущую способность балок по наклонным се- чениям)	Отношение опытной разрушающей нагрузки предвари- тельно напряженных балок к разрушаю- щей нагрузке анало- гичных балок без предварительного напряжения(влияние величины предвари- тельного напряже- ния продольной арматуры на несу- щую способность балок по наклонным сечениям)	
							7	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Б-1		Без предварительного напряжения	Балки без поперечной арматуры	90				
Б-2		Среднее предварительное напряжение		100,6	100,6/90=1,118			
Б-3				119	119/90=1,322			
Б-4		Сильное предварительное напряжение		95,8			95,8/90=1,064	
Б-5				132	132/95,8=1,378		132/100,6=1,312	
Б-6				154,9	154,9/95,8=1,617		154,9/119=1,302	
Б-7		Сильное предварительное напряжение		87			87/90=0,9666	
Б-8				113,5	113,5/87=1,304		113,5/100,6=1,128	
Б-9				121	121/87=1,39		121/119=1,017	
Б-10		Балки с поперечной арматурой 2Ø5B <sub>p</sub> -I ; S=5 см ; $\mu_{sw}=1,3\%$	Балки с поперечной арматурой 2Ø5B <sub>p</sub> -I ; S=5 см ; $\mu_{sw}=1,3\%$	132,5		132,5/90=1,472		
Б-11				245,8	245,8/132,5=1,855	245,8/100,6=2,44		
Б-12				267,5	267,5/132,5=2,019	267,5/119=2,248		
Б-13		Среднее предварительное напряжение		178,3		178,3/95,8=1,861	178,3/132,5=1,3457	
Б-14				329	329/178,3=1,845	329/132=2,492	329/245,5=1,338	
Б-15				288,1	288,1/178,3=1,616	288,1/154,9=1,86	288,1/267,5=1,077	
Б-16		Сильное предварительное напряжение		150		150/87=1,724	150/132,5=1,132	
Б-17				203	203/150=1,353	203/113,5=1,788	203/245,8=0,825	
Б-18				207,1	207,1/150=1,38	207,1/121=1,712	207,1/267,5=0,774	
Б-19		Балки с поперечной арматурой 2Ø6A <sub>p</sub> -III ; S=5 см ; $\mu_{sw}=1,9\%$	Балки с поперечной арматурой 2Ø6A <sub>p</sub> -III ; S=5 см ; $\mu_{sw}=1,9\%$	137,1		137,1/90=1,523		
Б-20				260	260/137,1=1,896	260/100,6=2,584		
Б-21				237,3	237,3/137,1=1,730	237,3/119=1,994		
Б-22		Среднее предварительное напряжение		140		140/95,8=1,461	140/137,1=1,021	
Б-23				230,8	230,8/140=1,649	230,8/132=1,748	230,8/260=0,887	
Б-24				260	260/140=1,857	260/154,9=1,678	260/237,3=1,095	
Б-25		Сильное предварительное напряжение		150		150/87=1,724	150/137,1=1,094	
Б-26				200	200/150=1,333	200/113,5=1,762	200/260=0,7692	
Б-27				278	278/150=1,853	278/121=2,297	278/237,3=1,1715	

большой ширине свесов, равной  $5,52h_f$  – в 1,322 раза (балки Б-2 и Б-3). В предварительно напряжённых балках без поперечной арматуры и со средними значениями предварительного напряжения нижней продольной арматуры свесы сжатых полок повысили несущую способность по наклонным сечениям при средней их ширине, равной  $2,58h_f$  – в 1,378 раза, а при большой ширине свесов, равной  $5,52h_f$  – в 1,617 раза (балки Б-5 и Б-6), что больше по сравнению с влиянием свесов сжатых полок на несущую способность по наклонным сечениям в балках без предварительного напряжения. В предварительно напряжённых балках без поперечной арматуры с сильным предварительным напряжением нижней продольной арматуры свесы сжатых полок повысили несущую способность по наклонным сечениям при средней их ширине в 1,304 раза, при большой ширине – в 1,39 раза (балки Б-8 и Б-9), что несколько меньше по сравнению с балками со средними значениями предварительного напряжения продольной арматуры.

В балках с наличием поперечной арматуры ( $2\bar{0}5 B_p$ -1 с шагом  $S=5$  см) без предварительного напряжения нижней продольной арматуры свесы сжатых полок повысили их несущую способность по наклонным сечениям при средней их ширине в 1,855 раза, при большой ширине – в 2,019 раза (балки Б-11 и Б-12), что значительно больше по сравнению с аналогичными балками без поперечной арматуры.

В предварительно напряжённых балках с наличием поперечной арматуры со средним значением предварительного напряжения нижней продольной арматуры свесы сжатых полок повысили их несущую способность по наклонным сечениям при средней их ширине в 1,845 раза, при большой ширине – в 1,616 раза (балки Б-14 и Б-15), то есть незначительно меньше по сравнению с аналогичными балками без предварительного напряжения нижней продольной арматуры.

В предварительно напряжённых балках с сильным предварительным напряжением нижней продольной арматуры при наличии поперечной арматуры, аналогично как и в балках без поперечной арматуры, влияние свесов сжатых полок повысило несущую способность по наклонным сечениям соответственно в 1,353 раза в балке с малой шириной свесов (балка Б-17) и в 1,38 раза в балке с широкими свесами сжатых полок (балка Б-18), что значительно меньше в сравнении с балками со средними значениями предварительного напряжения.

Влияние свесов сжатых полок на несущую способность по наклонным сечениям в балках таврового профиля с незначительным увеличением количества поперечной арматуры ( $2\bar{0}6 A$ -III расположенной с шагом  $S=5$  см – балки от Б-19 до Б-27) происходило аналогично, как и в описанных выше балках от Б-10 до Б-18 с поперечной арматурой  $2\bar{0}5 B_p$ -1 с шагом  $S=5$  см.

*2. Характерные виды разрушения по наклонным сечениям балок таврового профиля при отсутствии поперечной арматуры и при её наличии (рисунки 2 и 3 – по опытам автора статьи).*

В балке Б-3 без поперечной арматуры и без предварительного напряжения продольной арматуры первые нормальные к продольной оси трещины появились в зоне чистого изгиба при

нагрузке 34,3 кН. Первые наклонные трещины появились в зоне действия поперечных сил вблизи линии действия нагрузки при нагрузке 40 кН. С дальнейшим увеличением нагрузки после образования нескольких нормальных и наклонных к продольной оси трещин в ребре балки появились продольные трещины на верхней грани сжатой полки при нагрузке, равной 100 кН. Образование трещин на верхней полке вдоль боковых граней продольного ребра произошло одновременно как в зоне чистого изгиба, так и в зоне действия поперечных сил, которые зашли на небольшую длину за пределы приложенных нагрузок (рис. 2). С дальнейшим увеличением нагрузки продольные трещины на верхней полке балки развивались по высоте от верхней грани полки в сторону нижней грани (в глубину полки), а также под углом к продольной оси балки по направлению к боковым граням сжатой полки в сторону опор. При этом работа балки таврового профиля трансформировалась в работу балки прямоугольного профиля.

Следует отметить, что в балка Б-3 без поперечной арматуры и без предварительного напряжения продольной арматуры после образования трещин на верхней грани полки при нагрузке равной 100 кН вскоре разрушилась по наклонной трещине с изломом верхней полки в зоне действия поперечных сил при нагрузке равной 119 кН, то есть при нагрузке в 1,19 раза большей по сравнению с нагрузкой образования продольных трещин на верхней грани сжатой полки.

В аналогичной балке Б-12 (рис. 3) с поперечной арматурой, состоящей из  $2\bar{0}5 B_p$ -I, расположенной с шагом  $S=5$  см ( $\mu_{sw}=1,3\%$ ), вначале одновременно образовались как нормальные (в зоне чистого изгиба), так и наклонные (в зоне действия поперечных сил) трещины при нагрузке, равной 60 кН. После образования продольных трещин на верхней полке вдоль боковых граней

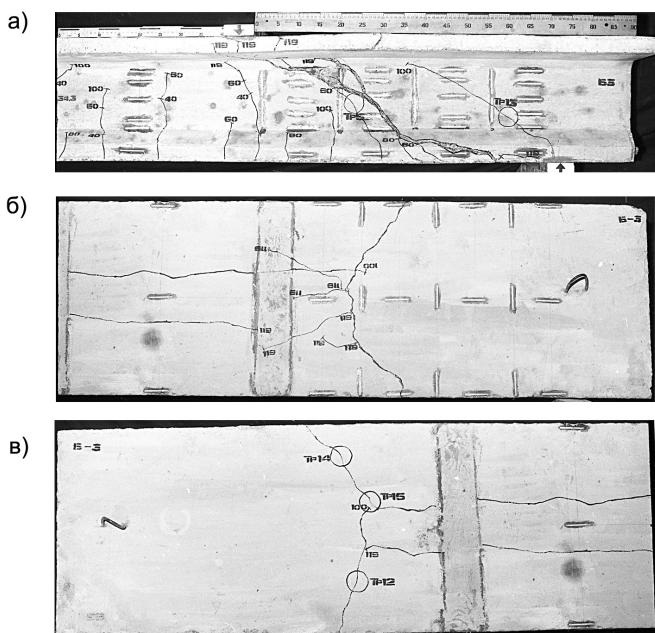


Рис. 2. Вид балки Б-3 после испытания: а) общий вид (правая сторона), б) вид сверху (правая сторона), в) вид сверху (левая сторона)

продольного ребра при нагрузке, равной 80 кН, разрушение произошло по наклонной трещине в ребре балки при нагрузке, равной 267,5 кН, то есть в 3,44 раза большей по сравнению с нагрузкой образования продольных трещин на верхней грани сжатой полки. Разрушение произошло без излома верхней полки.

Следовательно, несмотря на образование продольных трещин на верхней грани полки в балке Б-12, поперечная арматура, расположенная в указанной сжатой полке, при хорошей её анкеровке с поперечной арматурой, расположенной в ребре балки, сдерживала ускоренный рост развития этих трещин, а, следовательно, и трансформирование балки таврового профиля в балку прямоугольного профиля, как это происходило в балке Б-3 без поперечной арматуры. Ширина раскрытия продольных трещин на верхней грани полки в предельном состоянии по прочности наклонных сечений в балке Б-12 (с поперечной арматурой) значительно меньше, чем в балке Б-3 (без поперечной арматуры), несмотря на то, что указанная прочность по наклонным сечениям балки Б-12 в 2,25 раза больше по сравнению с балкой Б-3.

### Выводы

1. При сравнении данных таблицы 2 с данными таблицы 1 (схемы поперечного сечения 2 и 3) видно, что в балках таврового профиля с поперечной арматурой при пролётах среза  $C=3h_0$  свесы сжатых полок при малой ширине ребра ( $b=0,19h_0$  – табл. 2) более интенсивно включаются в работу по восприятию действия поперечных сил в сравнении с балками при большой ширине ребра ( $b=0,33h_0$  – табл. 1). То есть влияние свесов сжатых полок на несущую способность по наклонным сечениям в балках таврового профиля с тонкими ребрами больше, чем в аналогичных балках с увеличенной толщиной ребра.

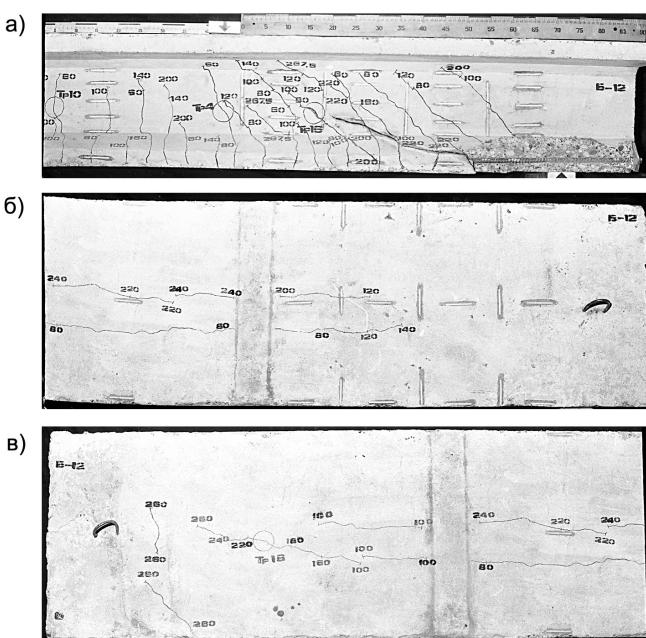


Рис. 3. Вид балки Б-12 после испытания: а) общий вид (правая сторона), б) вид сверху (правая сторона), в) вид сверху (левая сторона)

2. Опыты показали, что с увеличением длины пролёта среза влияние свесов сжатых полок на несущую способность балок по наклонным сечениям возрастает и наибольшее влияние свесов сжатых полок на несущую способность по наклонным сечениям будет происходить в граничный момент времени при наступлении разрушения балок по нормальным сечениям (то есть когда балки будут равнопрочными по нормальным и наклонным сечениям), поэтому в расчётах изгибаемых элементов по наклонным сечениям необходимо учитывать плавный переход влияния свесов сжатых полок от минимума при малых пролётах среза, когда балки разрушаются по наклонным сечениям, до максимума, когда балки начинают разрушаться по нормальным сечениям.

3. По результатам экспериментальных исследований, приведённых в данной статье, считаю целесообразным совершенствовать методику расчёта прочности изгибающихся железобетонных элементов по наклонным сечениям с учётом всех факторов, изложенных в данной статье, включая влияние свесов сжатых полок на несущую способность элементов таврового профиля с ограничением указанного влияния, определяемого по расчёту (с большой осторожностью в надёжности результатов) коэффициентом  $\varphi_f \leq 0,5$  для балок с поперечной арматурой и толстыми короткими свесами сжатых полок, и коэффициентом  $\varphi_f \leq 0,3$  – для всех остальных балок таврового профиля.

### Литература

1. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М., 2002.
2. СНиП II-21-75 Бетонные и железобетонные конструкции.
3. Свод правил СП 63.13330.2012. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003/ НИИЖБ им А.А. Гвоздева – институт ОАО «НИЦ» Строительство» / – М., 2012. – 147 с.
4. Свод правил СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84\*/ ОАО «ЦНИС». – М., 2011. – 346 с.
5. Игнатовичус Ч. Исследование прочности железобетонных прямоугольных и тавровых балок по наклонному сечению: диссертация на соискание учёной степени канд. техн. наук. – Вильнюс, 1973.

### Literatura

1. SNiP 2.03.01-84\*. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. – M., 2002.
2. SNiPII-21-75 Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii.
3. Svod pravil SP 63.13330.2012. Osnovnye polozheniya. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 52-01-2003/ NIIZHB im A.A. Gvozdeva – institut OAO «NIC» Stroitel'stvo». – M., 2012. – 147 s.
4. Svod pravil SP 35.13330.2011 Mostyitruby. Aktualizirovannaya redakciya SNiP 2.05.03-84\*/ OAO «CNIIS». – M., 2011. – 346 s.
5. Ignatavichus Ch. Issledovanie prochnosti zhelezobetonnyh prymougl'nyh i tavyrovyh balok po naklonnomu secheniyu: dissertaciya na soiskanie uchyonoj stepeni kand. tekhn. nauk. – Vil'nyus, 1973.