

Анализ влияния различных факторов на прогибы профилированного настила в стадии бетонирования плиты

Ю.А. Шапошникова

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

Аннотация: Целью работы являлось изучение влияния различных факторов, таких, как толщина профнастила, профиль и высота гофр, пролет плиты, на прогибы профилированного настила в стадии бетонирования плиты с учетом рекомендаций норм, а также влияние приобретенного прогиба на финальные прогибы в стадии эксплуатации. Объектом исследования являлась плита перекрытия по профилированному настилу. Применялся расчетно-аналитический метод исследования на основе действующих нормативных документов. По результатам исследования дана оценка влияния прогибов профнастила на применимость различных пролетов профнастила в диапазоне от 3 до 6 м. Предложены рекомендации по ограничению предельных прогибов профнастила в стадии бетонирования плиты до 1/100 от расчетного пролета профнастила с высотой сечения плит более 200 мм. Даны рекомендации по ограничению применения малых толщин профлиста от 0,7 до 1,0 мм для пролетов свыше 3 м. Результаты исследований могут использоваться как при проектировании сталежелезобетонных плит перекрытий, так и в практической работе при обследовании технического состояния конструкций.

Ключевые слова: прогиб, профилированный настил, профлист, профнастил, стадия бетонирования, сталежелезобетонная плита.

В Российской Федерации и за рубежом широко применяются конструкции сталежелезобетонных перекрытий для зданий различного назначения, таких, как: теплые и холодные здания паркингов, торговые центры, офисные здания и др. [1-3].

Сталежелезобетонные перекрытия различаются по конструктивным решениям, типам и технологии монтажа [4-6]. Применение сталежелезобетонных перекрытий позволяет сократить трудозатраты на изготовление на 25-40% и снизить металлоёмкость до 40% по сравнению с обычными железобетонными перекрытиями. Такие конструкции позволяют уменьшить строительную высоту перекрытий до 40% и увеличить полезную высоту помещений, что особенно актуально в настоящее время. Эффективность использования сталежелезобетонных плит перекрытия, их преимущества и недостатки рассмотрены в работах [7-9].

Применение профлиста в качестве внешнего армирования позволяет повысить жесткость дисков перекрытий, а также увеличить долговечность конструкции. Трещины по нижней поверхности железобетона скрыты профнастилом, а, значит, практически защищены от внешних воздействий окружающей среды.

Стоит отметить, что, несмотря на все достоинства, применение профлиста в качестве несъемной опалубки приносит свои сложности в процесс возведения перекрытий. С одной стороны, нет необходимости в опалубливании нижней поверхности конструкции плиты. С другой стороны, необходимо четко следить за технологией установки профлиста, ориентацией гофра, нельзя допускать отклонений профлиста от его проектного положения, а также необходимо следить за начальными прогибами профлиста в процессе бетонирования конструкций.

В соответствии с требованиями СП 266.1325800.2016 «Конструкции композитные стальные и бетонные. Правила проектирования» начальный прогиб профнастила необходимо ограничивать. Однако ввиду недостатков работ при возведении, в том числе из-за недостаточной компетентности бетонщиков, зачастую происходит чрезмерный прогиб профлиста из-за перелива бетона или из-за отсутствия промежуточных опор профлиста при бетонировании.

Указанные недостатки невозможно устранить после схватывания бетонной смеси, а, значит, их влияние следует учитывать при эксплуатации конструкций. Чрезмерный перелив бетона и начальный прогиб профлиста негативно сказываются на дальнейшей работе перекрытия: постоянная нагрузка возрастает, а, значит, уменьшается возможность восприятия перекрытием полезной нагрузки. Данные обстоятельства также влияют и на прочность перекрытия. Ввиду возрастания нагрузки внешний момент будет расти. С другой стороны из-за неизбежного наращивания бетонного сечения

в пролетной зоне сталежелезобетонной плиты внутренний момент сечения будет также увеличиваться.

Исследованием влияния различных факторов на напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных плит перекрытий при строительстве и эксплуатации занимались многие российские и зарубежные авторы. А.Г. Тамразян, Ф.С. Замалиев, С.Н. Арутюнян, Э.Г. Биккин исследовали особенности напряженно-деформированного состояния сталежелезобетонной плиты при строительстве [10-11]. А. Альбаррам и Узун Д.А. изучали влияние геометрии ребер и типа профлиста на характеристики композитных балок и особенности их работы [12-13]. В работах В.Е. Тарасиковой, Л.Р. Гимранова, К.А. Назаровой были изучены вопросы влияния различных факторов на деформируемость сталежелезобетонных перекрытий [14-16]. Численное моделирование железобетонных композитных балок с армированием представлено в работах Ф. Альшарари, Дж.Л.П. Тамайо и др. [17-18]. Особенности расчета таких перекрытий представлены в работах В.В. Кочерженко, К.А. Будошкиной, М.Л. Портера и др. [19-21].

Изучение влияния таких факторов как: толщина профнастила, профиль гофр при переливе бетона и сверхнормативных начальных прогибах при различных пролетах плиты на технико-экономические показатели сталежелезобетонных плит перекрытий представляет практический интерес для инженеров-проектировщиков. Множественные дефекты и повреждения, в том числе сверхнормативные прогибы, выявляемые при обследовании сталежелезобетонных перекрытий, свидетельствуют о необходимости детального рассмотрения влияния этих факторов на работу таких плит [22]. Этим вопросам и посвящена представленная работа.

В соответствии с СП 266.1325800.2016 на стадии бетонирования сталежелезобетонной плиты стальной профилированный настил выполняет

функции опалубки, а, значит, является несущей конструкцией, работающей на поперечный изгиб.

До набора бетоном распалубочной прочности настил рассчитывают на прочность и жесткость как стальной тонкостенный изгибаемый элемент. При этом полная нагрузка на профнастил q определяется как сумма веса самого профнастила q_p плюс вес бетонной смеси q_b плюс монтажная нагрузка q_m , зависящая от технологии бетонирования плиты, то есть $q = q_p + q_b + q_m$.

Нормативная нагрузка q_b от собственного веса свежешелюженной бетонной смеси определяется по формуле (1):

$$q_b = \gamma \cdot (h_f + h_b), \quad (1)$$

где γ – удельный вес бетонной смеси; h_f – толщина бетона над верхними полками настила; h_b – приведенная толщина бетона в пределах высоты сечения настила.

Здесь приведенная толщина бетона определяется по формуле (2) в соответствии с рис.1.

$$h_b = h_n(b + b')/2S_n, \quad (2)$$

где b – ширина нижней части ребра профнастила; b' – ширина ребра по верхней части; h_n – высота ребра профнастила; S_n – шаг ребер профнастила.

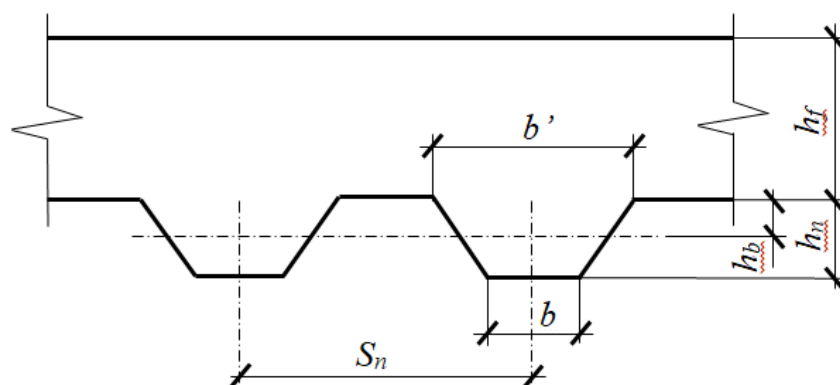


Рис. 1. – Геометрические размеры плиты перекрытия по профнастилу

Согласно СП 266.1325800.2016 монтажная нагрузка при выгрузке бетонной смеси из бадей вместимостью до $0,8 \text{ м}^3$ принимается $2,5 \text{ кПа}$, а при

равномерной подаче бетонной смеси бетоноводами – 0,5 кПа. При этом коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f=1,3$.

Стоит отметить, что согласно нормам при прогибе настила более 1/10 от общей высоты сечения плиты $h_{пл}=h_f+h_n$ следует учитывать дополнительную нагрузку от собственного веса Δq_b свежеложенного бетона, определяемую по формуле (3):

$$\Delta q_b = 0,7 \cdot \gamma \cdot f_n, \quad (3)$$

где f_n – прогиб настила от нормативной нагрузки q_b .

Однако на стройплощадке не всегда четко следят за начальными прогибами профлиста в процессе бетонирования конструкций. Если он и происходит, то его проявление монтажки считаю незначительным дефектом [22]. Перерасчет с увеличенным весом железобетонной плиты обычно не производится, так как зачастую данная информация до проектировщика просто не доходит.

Например, по результатам исследования [22] при пролете плиты $l=5,2$ м, при общей толщине плиты $h_{пл}=295$ мм и использовании профлиста *TRP200* ($t=0,9$ мм), прогиб ребра профнастила в продольном направлении достиг значения 29 мм, что составляет 1/10 от $h_{пл}$ и 1/179 от пролёта l . Прогиб полки профнастила достиг в продольном направлении до 75 мм, что составляет $\approx 1/4$ от $h_{пл}$ и 1/69 от пролёта l . Стоит отметить, что значения предельно допустимых деформаций в соответствии с указаниями СП 20.13330 при действии постоянных и временных длительных и кратковременных нагрузок прогиб сталежелезобетонных элементов во всех случаях не должен превышать 1/150 от пролета.

Объектом данного исследования является железобетонная плита перекрытия, уложенная по профилированному настилу, который использовался в виде несъемной опалубки. Рассматривался однопролетный несущий профлист марок Н60, Н75, Н114, *TRP200* по ГОСТ 14918 и ГОСТ Р

52246, толщиной $t=0,7-1,5$ мм, с пределом текучести стали $\sigma_{0,2}$ от 230 до 350 Н/мм² в соответствии с СП 266.1325800.2016. В исследовании общая толщина плиты варьировалась от 150 мм до 300 мм с шагом 50 мм, пролет плиты - от 4 м до 6 м через 0,5 м. Плита из тяжелого бетона класса В20, армирована ненапрягаемой арматурой. По всей площади плиты перекрытия лежит сетка Ø8 А500 с шагом 100 мм в обоих направлениях, толщина защитного слоя $a_3=50$ мм от верхней грани бетона. В каждом ребре плиты уложены один или два стержня Ø12-20 А500С (по расчету прочности), $a_3=40$ мм от нижней грани бетона ребра. Нагрузка от конструкции полов принята 100 кг/м² (≈ 1 кПа), полезная нагрузка 300 кг/м² (≈ 3 кПа).

Типовая конструкция плиты с профлистом марки *TRP200* представлена на рис.2 [23-24].

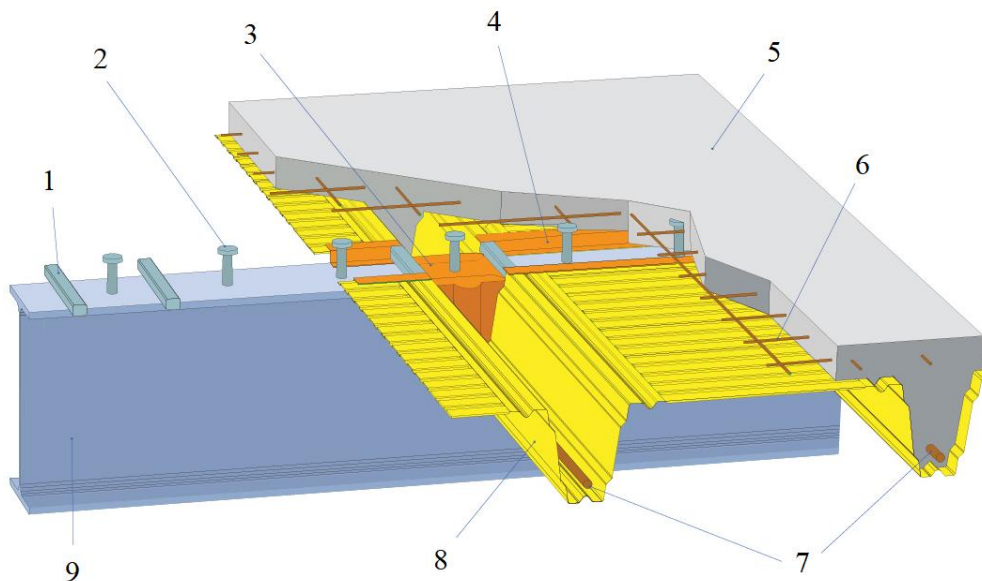


Рис. 2. – Плита перекрытия по профнастилу: (1) – стальной опорный элемент, (2) – гайка-болт, (3) – пластиковая уплотнительная крышка, (4) – зигзагообразный профиль, (5) – железобетонная плита, (6) – арматурная сетка, (7) – продольная рабочая арматура плиты, (8) – стальной трапециевидный профнастил *TRP200*, (9) – стальная балка.

Согласно СП 266.1325800.2016 профилированный настил необходимо рассчитывать на прочность и на прогибы в стадии бетонирования плиты. Профнастил проверяют на прочность в надопорных и пролетных сечениях по формуле (4), а максимальный прогиб от нормативных нагрузок f_n , который не должен превышать $1/200$ пролета, в соответствии с формулой (5).

$$M/W_{min} \leq R_y, \quad (4)$$

где M – изгибающий момент от расчетных нагрузок; W_{min} – минимальный расчетный момент сопротивления профиля настила на профилированные листы; R_y – расчетное сопротивление стали растяжению, сжатию, изгибу по пределу текучести.

$$f_n = k_2 \cdot (q_n \cdot l^4) / (E_{st} \cdot I_{n,x}) \leq 1/200 \cdot l, \quad (5)$$

где k_2 – коэффициент, определяемый в зависимости от схемы раскладки настила и принимаемый равным: 0,013 для однопролетного настила, 0,0091 для двухпролетного настила, 0,0088 для настила с числом пролетов три и более; q_n – нормативная равномерно-распределенная нагрузка на настил; $I_{n,x}$ – момент инерции сечения профнастила на 1 м ширины настила.

В таблице 1 представлена взаимосвязь прогибов профнастила f в частях от его пролета и в частях от общей толщины плиты при $h_{пл}=300, 250, 200, 150$ мм.

В таблице 1: серым цветом обозначены прогибы профнастила $f < h_{пл}/10$; оранжевым цветом обозначены прогибы $f < l/200$; красным цветом обозначены прогибы $f < l/150$.

Взаимосвязь прогибов профнастила f в частях от его пролета и в частях от общей толщины плиты при $h_{пл}=300, 250, 200, 150$ мм из таблицы 1 представлена также и в графической форме на рис.3.

Таблица 1

Взаимосвязь прогиба профнастила в частях от его пролета l

и в частях от общей толщины (высоты) железобетонной плиты $h_{пл}$

Толщина плиты $h_{пл}$, мм	Прогиб f , в частях от $h_{пл}$	Прогиб f , мм	Прогиб f в частях от пролета профнастила l , при разных пролетах l , м						
			3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
300	1/15	20,0	1/150	1/175	1/200	1/225	1/250	1/275	1/300
	1/12	25,0	1/120	1/140	1/160	1/180	1/200	1/220	1/240
	1/10	30,0	1/100	1/117	1/133	1/150	1/167	1/183	1/200
	1/7	42,9	1/70	1/82	1/93	1/105	1/117	1/128	1/140
	1/5	60,0	1/50	1/58	1/67	1/75	1/83	1/92	1/100
	1/4	75,0	1/40	1/47	1/53	1/60	1/67	1/73	1/80
	1/3	100,0	1/30	1/35	1/40	1/45	1/50	1/55	1/60
250	1/15	16,7	1/180	1/210	1/240	1/270	1/300	1/330	1/360
	1/12	20,8	1/144	1/168	1/192	1/216	1/240	1/264	1/288
	1/10	25,0	1/120	1/140	1/160	1/180	1/200	1/220	1/240
	1/7	35,7	1/84	1/98	1/112	1/126	1/140	1/154	1/168
	1/5	50,0	1/60	1/70	1/80	1/90	1/100	1/110	1/120
	1/4	62,5	1/48	1/56	1/64	1/72	1/80	1/88	1/96
	1/3	83,3	1/36	1/42	1/48	1/54	1/60	1/66	1/72
200	1/15	13,3	1/225	1/263	1/300	1/338	1/375	1/413	1/450
	1/12	16,7	1/180	1/210	1/240	1/270	1/300	1/330	1/360
	1/10	20,0	1/150	1/175	1/200	1/225	1/250	1/275	1/300
	1/7	28,6	1/105	1/123	1/140	1/158	1/175	1/193	1/210
	1/5	40,0	1/75	1/88	1/100	1/113	1/125	1/138	1/150
	1/4	50,0	1/60	1/70	1/80	1/90	1/100	1/110	1/120
	1/3	66,7	1/45	1/53	1/60	1/68	1/75	1/83	1/90
150	1/15	10,0	1/300	1/350	1/400	1/450	1/500	1/550	1/600
	1/12	12,5	1/240	1/280	1/320	1/360	1/400	1/440	1/480
	1/10	15,0	1/200	1/233	1/267	1/300	1/333	1/367	1/400
	1/7	21,4	1/140	1/163	1/187	1/210	1/233	1/257	1/280
	1/5	30,0	1/100	1/117	1/133	1/150	1/167	1/183	1/200
	1/4	37,5	1/80	1/93	1/107	1/120	1/133	1/147	1/160
	1/3	50,0	1/60	1/70	1/80	1/90	1/100	1/110	1/120

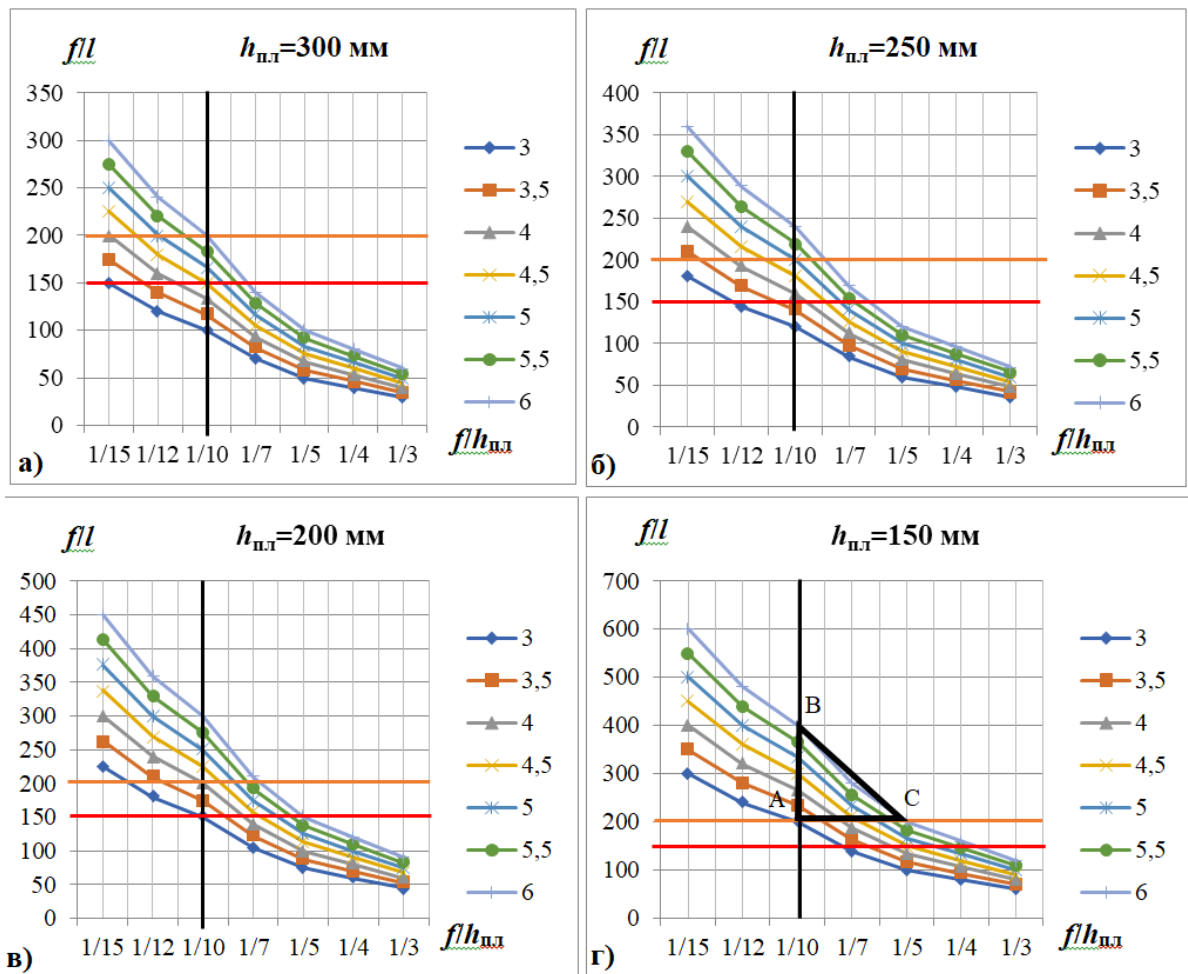


Рис. 3. Взаимосвязь прогибов профнастила f в частях от его пролета l и в частях от общей толщины плиты $h_{пл}$: (а) – при $h_{пл}=300$, (б) – при $h_{пл}=250$, (в) – при $h_{пл}=200$, (г) – при $h_{пл}=150$

Примечание к рис.3 (а – г). Черным цветом обозначена линия прогибов профнастила $f=h_{пл}/10$; оранжевым цветом обозначена линия прогибов $f=l/200$; красным цветом обозначена линия прогибов $f=l/150$.

На графиках рис.3 все результаты ниже оранжевой линии ($f=l/200$) не проходят по расчету на прогибы в стадии бетонирования плиты согласно СП 266.1325800.2016. Все результаты ниже красной линии ($f=l/150$) не проходят по расчету на прогиб в стадии эксплуатации, который не должен превышать предельных прогибов конструкций, устанавливаемых в СП 20.13330.2016 для

конструкций соответствующих видов, а также не должен превышать $1/150$ значения расчетного пролета плиты l .

Для плиты толщиной $h_{пл}=150$ мм могут быть применимы все исследуемые пролеты из условий предельных прогибов на стадии бетонирования. Для плит толщиной $h_{пл}=200$ и 250 мм есть ограничения по применению малых пролетов $l < 3$ м при $f < h_{пл}/12$. Для плиты толщиной $h_{пл}=300$ мм уже при $f < h_{пл}/15$ малые пролеты ($l < 3$ м) неприменимы из условия предельных прогибов в стадии бетонирования.

Из графиков на рис. 3 можно сделать следующие выводы и замечания:

- для наименьшей толщины плиты $h_{пл}=150$ мм прогиб в стадии бетонирования не превышает предельный расчетный ($f < l/200$) для всех рассматриваемых пролетов l (от 3 до 6 м). Однако согласно СП 266.1325800.2016 для $h_{пл}=150$ мм необходимо считать превышение веса плиты для всех результатов в треугольнике ABC , так как прогиб в стадии бетонирования плиты $f > h_{пл}/10$;
- для наибольшей толщины плиты $h_{пл}=300$ мм для всех пролетов $l < 6$ м не потребуется рассчитывать дополнительный перевес, так как все значения при прогибах $f > h_{пл}/10$ в стадии бетонирования уже превышают предельный расчетный прогиб $f > l/200$, а, следовательно, использование таких профнастилов исключено уже на стадии проектирования;
- для плит с $h_{пл}=300$ и 250 мм значительная часть прогибов в стадии бетонирования уже превышает предельные в стадии эксплуатации ($f > l/150$), что, исходя из эстетико-психологических требований, близко к предельным. Следовательно, использование конструкций плит с малыми толщинами профлиста $t=0,7-1,0$ мм затруднительно, ввиду отсутствия запаса на прогибы, которые возникнут из-за эксплуатационных нагрузок, или в целом недопустимо при открытых для обзора перекрытиях.

Прогиб плиты по профнастилу в стадии эксплуатации f_m не должен превышать предельных прогибов конструкций, устанавливаемых в СП 20.13330 для конструкций соответствующих видов, а также $1/150$ значения пролета плиты l .

При этом прогиб f_m в стадии эксплуатации равен сумме: максимального прогиба настила от нормативных нагрузок на стадии укладки бетонной смеси f_n , прогиба плиты от действия постоянной и временной нагрузок на стадии эксплуатации с учетом ее расчетной кривизны f_{rc} , дополнительного прогиба плиты за счет податливости анкерных связей f_{add} , и рассчитывается по формуле (6):

$$f_m = f_n + f_{rc} + f_{add}, \quad (6)$$

Ввиду вышеуказанного возникает вопрос, почему в нормах прогибы профнастила в стадии бетонирования ограничены только лишь $f < l/200$, тогда как логичнее было бы ограничить $f < l/150$ или даже $f < l/100$, особенно для плит с большей высотой сечения ($h_{пл} > 200$ мм), чтобы имелся запас на прогибы, возникающие в стадии эксплуатации.

Так как зачастую на стройплощадке особого внимания прогибам профнастила в стадии бетонирования не уделяют, а показания прогибов не передают проектировщикам для оценки ситуации, то в нормативах по расчетам сталежелезобетонных плит необходимо предусмотреть определенные ограничения и рекомендации, которые бы уменьшали возможность возникновения перевеса конструкций. Такими рекомендациями могли бы быть: ограничение применения малых толщин профлиста $t=0,7-1,0$ мм для пролетов свыше 3 м.

Для внесения в нормы конкретных предложений необходимо проанализировать, как зависят прогибы f в стадии бетонирования при наиболее тонких плитах $h_{пл}=100-200$ мм и пролетах l от толщины профнастила t , марки профиля и типа укладки бетонной смеси (из бадьи или

бетононасоса). Также дальнейшим направлением исследования может являться анализ величины перевеса плит (при прогибах более $f > h_{пл}/10$) при разных толщинах и пролетах, а ещё влияние перевеса на прочность перекрытия по профнастилу в стадии эксплуатации.

Выводы.

1. По результатам выполненного исследования даны рекомендации по применению оптимальных толщин перекрытия по профилированному настилу для различных пролетов сталежелезобетонных плит перекрытий.

2. Также автором рекомендуется ограничивать толщину профлиста в зависимости от пролета и от толщины перекрытия.

3. При применении тонкого профлиста (от 0,7 мм до 1 мм) необходимо четко следить за прогибами профнастила, чтобы избежать чрезмерного перевеса конструкции, а именно: перед бетонированием устраивать дополнительные опоры с шагом 1-2 м в пролетной зоне перекрытия или придавать главным балкам перекрытия строительный подъем.

4. Результаты исследований могут использоваться как при проектировании сталежелезобетонных плит перекрытий, так и в практической работе при обследовании технического состояния конструкций.

Литература

1. Бабалич В.С., Андросов Е.Н. Сталежелезобетонные конструкции и перспектива их применения в строительной практике России // Успехи современной науки. 2017. №4. С. 205-208.

2. Егоров П.И., Королев С.А. Сталежелезобетонные перекрытия // Дальний Восток: проблемы развития архитектурно-строительного комплекса. 2015. №1. С. 310-313.

3. Кинжитаева А. Применение и расчет сталежелезобетонных конструкций в российской и зарубежной практике (обзор) // Инновации.

Наука. Образование, 2021, №45, С. 157-166. URL: drive.google.com/file/d/1BeXUp5e8QCKbT4EvHiA86F78fCFMFtzM/view.

4. Замалиев Ф. С., Тамразян А.Г. К расчету сталежелезобетонных ребристых плит для восстанавливаемых перекрытий // Строительство и реконструкция, 2021, №5(97). URL: construction.elpub.ru/jour/article/view/401/377?locale=ru_RU.

5. Замалиев Ф.С., Закиров М.А. Некоторые результаты численных исследований сталежелезобетонных перекрытий // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. №3(33). С. 56-63. URL: izvestija.kgasu.ru/files/3_2015/56_63_Zamaliyev_Zakirov.pdf.

6. Никулина О.В. Цымдянкина Н.Ю. Анализ конструктивных решений сталежелезобетонных перекрытий // Оренбургские горизонты: прошлое, настоящее, будущее. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 275-летию Оренбургской губернии и 85-летию Оренбургской области. Оренбург: ООО «Фронтир». 2019. С. 157-161.

7. Ahmed I.M., Tsavdaridis K.D. The evolution of composite flooring systems: applications, testing, modelling and Eurocode design approaches // Journal of Constructional Steel Research. 2019. №155. Pp. 286-300. doi: 10.1016/j.jcsr.2019.01.007.

8. Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н. К оценке надежности сталежелезобетонных плит перекрытий с профилированными настилами // Вестник гражданских инженеров. 2015. №6(53). С. 52–57.

9. Астахов И.В., Малько В.Е. Эффективность использования сталежелезобетонной плиты перекрытия // Молодой ученый, 2019, №1(239), С. 26-32. URL: moluch.ru/archive/239/55355/.

10. Тамразян А.Г., Арутюнян С.Н. Исследование начальных напряжений и прогибов профнастила, возникающих при возведении

сталежелезобетонных плит перекрытий // Безопасность строительного фонда России. Проблемы и решения. 2017. №1. С. 139-146.

11. Замалиев Ф.С., Биккинин Э.Г. Основные факторы, влияющие на начальное напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных конструкций // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. №4(34). Рр. 161-165.

12. Albarram A., Qureshi J. Abbas A. Effect of rib geometry in steel-concrete composite beams with deep profiled sheeting // International Journal of Steel Structures. 2020. №20(3). Рр. 931-953 doi: 10.1007/s13296-020-00333-5.

13. Узун Д.А. Особенности устройства и работы стальных профилированных листов с разным типом сечений и видами рифов // Молодой исследователь: вызовы и перспективы. Сборник статей по материалам СХСII международной научно-практической конференции. Том 45(192). Москва: ООО «Интернаука», 2020. С. 490-501.

14. Тарасикова В.Е. Влияние стад-болтов на деформативность сталежелезобетонной плиты перекрытия по стальному профилированному настилу // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ Им. В.Г. Шухова. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова. 2021. С. 1655-1658.

15. Гимранов Л.Р., Фаттахова А.И. Определение усилия в гибком упоре комбинированной плиты с использованием профилированного настила // Вестник МГСУ. 2021. Т.16. №8. С. 997-1005 doi: 10.22227/1997-0935.2021.8.997-1005.

16. Назарова К.А. Натурные экспериментальные исследования сталежелезобетонного перекрытия // Актуальные проблемы современного строительства. Материалы LXXIV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 2-х частях. Часть 1. Санкт-Петербург: СПбГАСУ. 2021. С. 136-149.

17. Alsharari F., El-Zohairy A., Salim H., El-Sisi A.E. Numerical investigation of the monotonic behavior of strengthened Steel-Concrete composite girders // *Engineering Structures*. 2021. Vol. 246. P. 113081 doi: 10.1016/j.engstruct.2021.113081.

18. Tamayo J.L.P., Franco M.I., Morsch I.B., Désir J.M., Wayar A.M.M. Some aspects of numerical modeling of steel-concrete composite beams with prestressed tendons // *Latin American Journal of Solids and Structures*. 2019. Vol. 16. Issue 7 doi: 10.1590/1679-78255599.

19. Кочерженко В.В, Сапожников П.В., Кузнецов В.В. Планирование эксперимента испытания выштамповки на сдвиг в перпендикулярном направлении // *Инженерный вестник Дона*, 2023, № 11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2023/8796.

20. Будошкина К.А., Кузнецов В.С., Мурлышева Ю.А., Улямаев А.С., Шапошникова Ю.А. Анализ работы комбинированных балок в широком диапазоне нагрузок // *Инженерный вестник Дона*, 2018, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4925.

21. Porter M.L., Eckberg C.E. Design recommendations for steel deck floor slabs // *ASCE Journal of the Structural Division*. New York. 1976. №11 (102). URL: scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1087&context=iscs.

22. Bedov A.I., Shaposhnikova Yu.A. Bearing capacity of steel-reinforced concrete floor elements before the operation period // *Magazine of Civil Engineering*. 2024. №17 (1) doi: 10.34910/MCE.125.1.

23. Dujmovic D., Androić B., Lukačević I. Hoesch Additive Floor. In book: *Composite Structures According to Eurocode 4*. 2015. doi: 10.1002/9783433604908.ch22.

24. Шольц Й., Арутюнян С.Н. Профнастил и анкерные упоры в сталежелезобетонных перекрытиях – больше чем конструктив! //

<http://proflist.ru/> URL: proflist.ru/techinfo/ARSS201703.pdf (дата обращения: 15.04.2024).

References

1. Babalich V.S., Androsov E.N. Uspehi sovremennoy nauki. 2017. №4. pp. 205-208.
2. Egorov P.I., Korolev S.A. Dalniy vostok: problemy razvitiya arhitekturno-stroitel'nogo kompleksa. 2015. №1. pp. 310-313.
3. Kinzhitaeva A. Innovacii. Nauka. Obrazovanie, 2021, №45, pp. 157-166. URL: drive.google.com/file/d/1BeXUp5e8QCKbT4EvHiA86F78fCFMFtzM/view.
4. Zamaliev F. S., Tamrazjan A.G. Stroitel'stvo i rekonstrukcija, 2021, №5 (97). URL: construction.elpub.ru/jour/article/view/401/377?locale=ru_RU.
5. Zamaliev F.S., Zakirov M.A. Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta, 2015, №3(33), pp. 56-63 URL: izvestija.kgasu.ru/files/3_2015/56_63_Zamaliev_Zakirov.pdf.
6. Nikulina O.V. Cymdjankina N.Ju. Orenburgskie gorizonty: proshloe, nastojashhee, budushhee. Sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 275-letiju Orenburgskoj gubernii i 85-letiju Orenburgskoj oblasti. Orenburg, 2019. pp. 157-161.
7. Ahmed I.M., Tsavdaridis K.D. Journal of Constructional Steel Research, 2019, №155, pp. 286-300. doi: 10.1016/j.jcsr.2019.01.007.
8. Tamrazyan A.G., Arutyunyan S.N. Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2015. №6 (53). pp. 52-57.
9. Astahov I.V., Mal'ko V.E. Molodoj uchenyj. 2019, №1 (239), pp. 26-32. URL: moluch.ru/archive/239/55355/.
10. Tamrazjan A.G., Arutjunjan S.N. Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii. Problemy i reshenija. 2017. №1. pp. 139-146.
11. Zamaliev F.S., Bikinin Je.G. Izvestija Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2015. №4 (34). Pp. 161-165.

12. Albarram A., Qureshi J. Abbas A. International Journal of Steel Structures. 2020. №20 (3). Pp. 931-953. doi: 10.1007/s13296-020-00333-5.

13. Uzun D.A. Molodoj issledovatel': vyzovy i perspektivy. Sbornik statej po materialam CXCII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Vol. 45(192). Moskva: Obshhestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju «Internauka», 2020. pp. 490-501.

14. Tarasikova, V.E. Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija molodyh uchenyh BGTU Im. V.G. Shuhova. Belgorod: BGTU im. V.G. Shuhova. 2021. pp. 1655-1658.

15. Gimranov L.R., Fattahova A.I. Vestnik MGSU. 2021. Vol.16. №8. pp. 997-1005 doi: 10.22227/1997-0935.2021.8.997-1005.

16. Nazarova K.A. Aktual'nye problemy sovremennogo stroitel'stva. Materialy LXXIV Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. Vol 1. Sankt-Peterburg: SPbGASU. 2021. pp. 136-149.

17. Alsharari F., El-Zohairy A., Salim H., El-Sisi A.E. Engineering Structures. 2021. Vol. 246. p. 113081. doi: 10.1016/j.engstruct.2021.113081.

18. Tamayo J.L.P., Franco M.I., Morsch I.B., Désir J.M., Wayar A.M.M. Latin American Journal of Solids and Structures. 2019. Vol.16. Issue 7 doi: 10.1590/1679-78255599.

19. Kocherzhenko V.V, Sapozhnikov P.V., Kuznecov V.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2023/8796.

20. Budoshkina K.A., Kuznecov V.S., Murlysheva Ju.A, Uljamaev A.S., Shaposhnikova Ju.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4925.

21. Porter M.L., Eckberg C.E. ASCE Journal of the Structural Division. New York. 1976. №11 (102). URL: scholarsmine.mst.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1087&context=iscs.



22. Bedov A.I., Shaposhnikova Yu.A. Magazine of Civil Engineering. 2024. №17 (1). doi: 10.34910/MCE.125.1.

23. Dujmovic D., Androić B., Lukačević I. Hoesch Additive Floor. In book: Composite Structures According to Eurocode 4. 2015. doi: 10.1002/9783433604908.ch22.

24. Scholz J., Harutyunyan S.N. Profnastil i ankernye upory v stalezhelezobetonnyh perekrytijah – bol'she chem konstruktiv! [Corrugated sheeting and anchor stops in steel-reinforced concrete floors are more than constructive!]. URL: proflist.ru/techinfo/ARSS201703.pdf (accessed 15.03.2023).

Дата поступления: 6.04.2024

Дата публикации: 12.05.2024