

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ

**УДК 624.012.45**

**В.А.Тесля, А.С.Гукин**

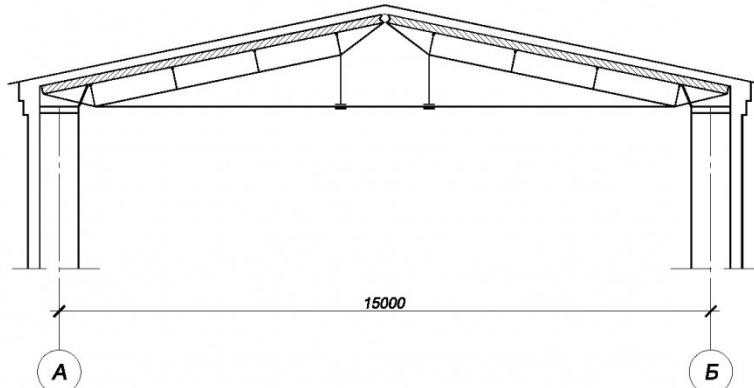
### **СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОНАЯ ПЛИТА СЖП-15**

Совершенствование строительных конструкций из металла или железобетона позволяет экономить материал не более 15% [1]. Поиск путей дальнейшего снижения затрат материалов приводит к комбинированным системам совместной работы железобетона и металла, используя характерные особенности работы железобетона на сжатие, металла на растяжение.

Опыт проектирования и экспериментального строительства показал, что предложенные сталежелезобетонные конструкции имеют целый ряд преимуществ по сравнению с традиционными широко используемыми в строительстве конструкциями. Анализ современного уровня развития строительных конструкций, таких как металлические структуры и эффективных железобетонных конструкций «на пролёт», показывает значительные недостатки обеих – первые имеют большую металлоёмкость, вторые имеют большой вес и их полезная несущая способность резко падает. Комбинированные конструкции, в значительной мере снижающие эти недостатки, имеют свои особенности как в расчёте и конструировании, так в сборке и монтаже. Так при расчёте возникает ситуация концентрации напряжений при передаче усилий на железобетонную часть конструкций, трудности в определении истинных усилий в металле при пространственной структуре. Плоскостные сталежелезобетонные конструкции имеют более простую расчётную схему, позволяют с большей достовер-

ностью определить работу каждого из составляющих элементов, что в свою очередь гарантирует их надёжность в эксплуатации. К таким конструкциям относятся фермы и балки покрытий, разработанные в МНИИТЭП, [2] а также сталежелезобетонные строительные фермы с железобетонным верхним поясом, разработанные в МосгипроНИисельстрое для сельского строительства [3,4]. Последние представляют собой фермы с верхним поясом из прямоугольного железобетон-

расхода металла верхнего пояса ферм. Преодолеть недостатки плоскостных систем позволяет пространственное решение сталежелезобетонных конструкций. Одно из таких решений разработано на кафедре «Строительных конструкций» в виде железобетонной плиты покрытия пролётом 15 метров. Применение такого типа покрытия позволяет значительно уменьшить вес и его стоимость, снизить стоимость монтажа, сократить сроки строительства. Плита СЖП-15 запроектирована



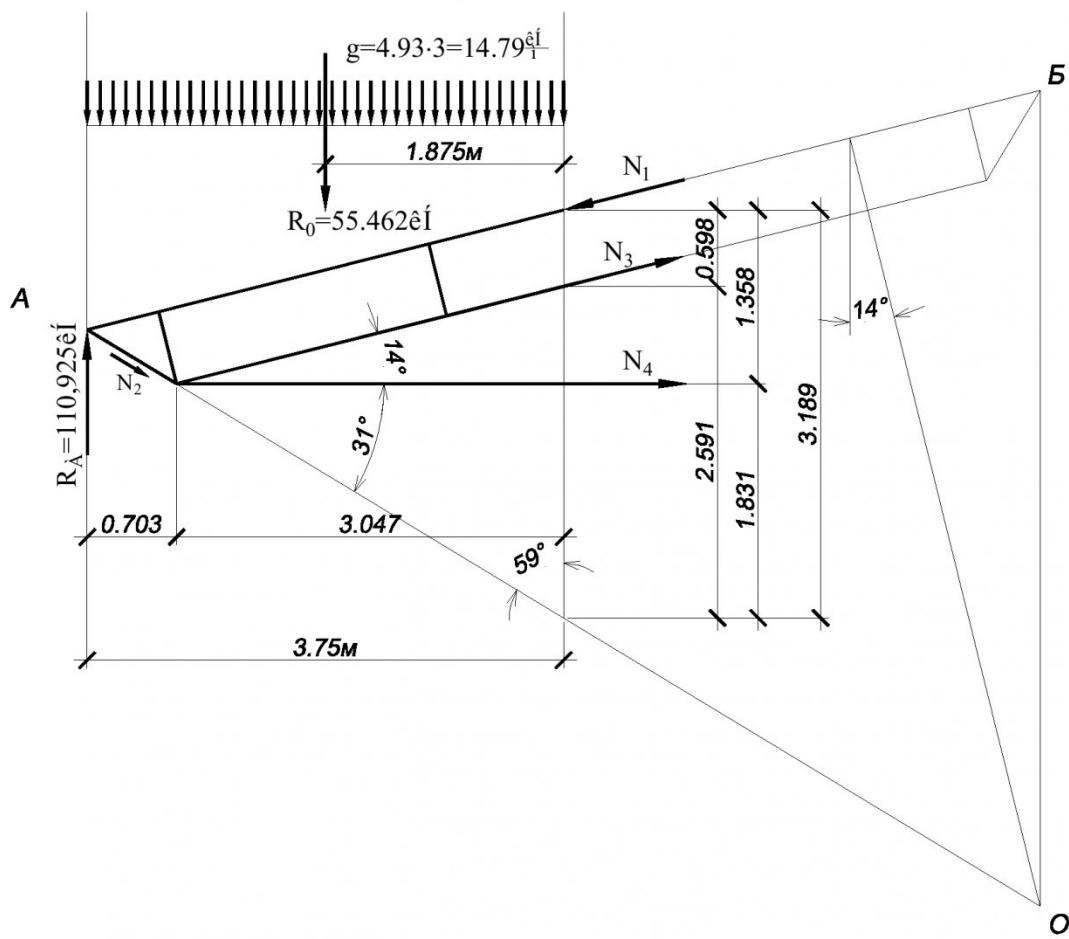
*Rис 1. Покрытие в виде сталежелезобетонный плиты СЖП-15*

ного элемента и нижним поясом из металла при узловых соединениях с помощью сварки или на болтах. Конструкции института МНИИТЭПа предусматривают снижение расхода металла верхнего пояса ферм за счёт введения в работу железобетонной плиты, которая соединяется с верхним поясом фермы приваркой к закладным деталям плиты. Наблюдается сохранение плоскостной схемы работы конструкций, а экономия достигается благодаря передаче части усилий сжатия железобетонной плате, тем самым снижается

под нагрузку IV снегового района для зданий II класса ответственности из тяжелого бетона класса В-30 по прочности на сжатие с учётом длительного действия нагрузок. Основная арматурная сталь принята класса А III и сварная рулонная сетка марки

$$\frac{4\bar{A}\delta I - 100}{4\bar{A}\delta I - 200} \quad 2940L \quad \frac{C_1}{20}$$

Сталежелезобетонная плита СЖП-15 предназначена для двускатного покрытия промышленных, сельскохозяйственных и других зданий пролётом 15

Рис.2. К определению усилий  $N_1, N_2, N_4$ 

метром. По такой расчётной схеме и конструктивному решению можно создавать плиты

пролётом более 15 м.

Составная плита покрытия, как комбинированная система,

состоит из двух шарнирно соединенных шпенгельных систем, каждая из которых имеет

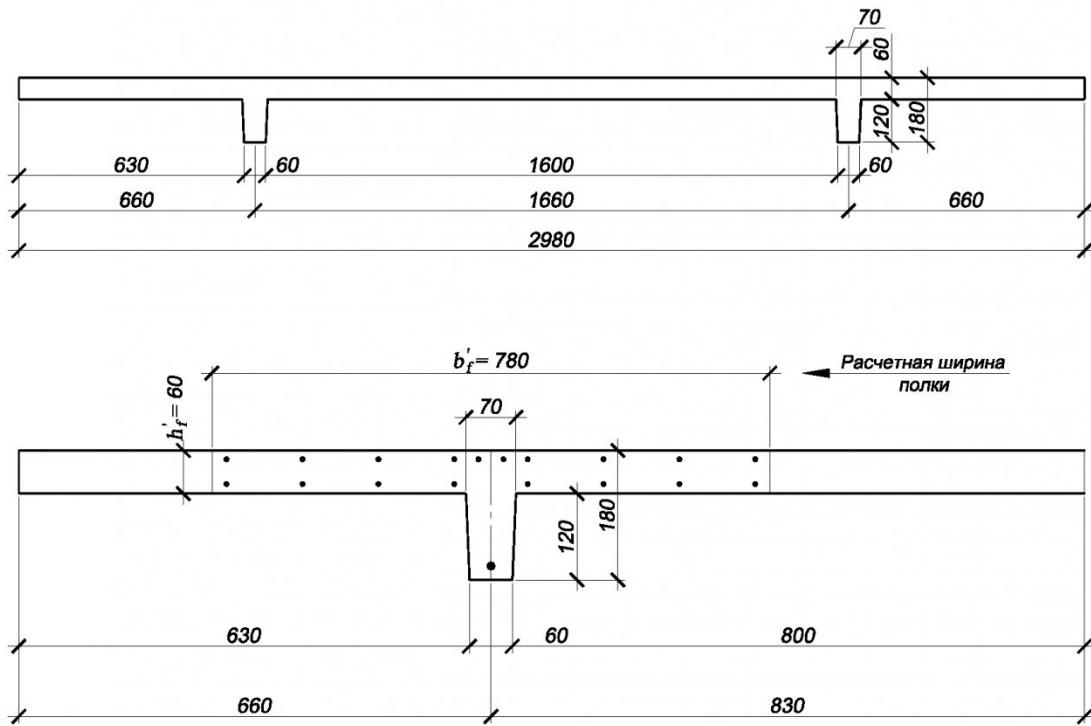


Рис. 3. Расчётная схема поперечного сечения плиты

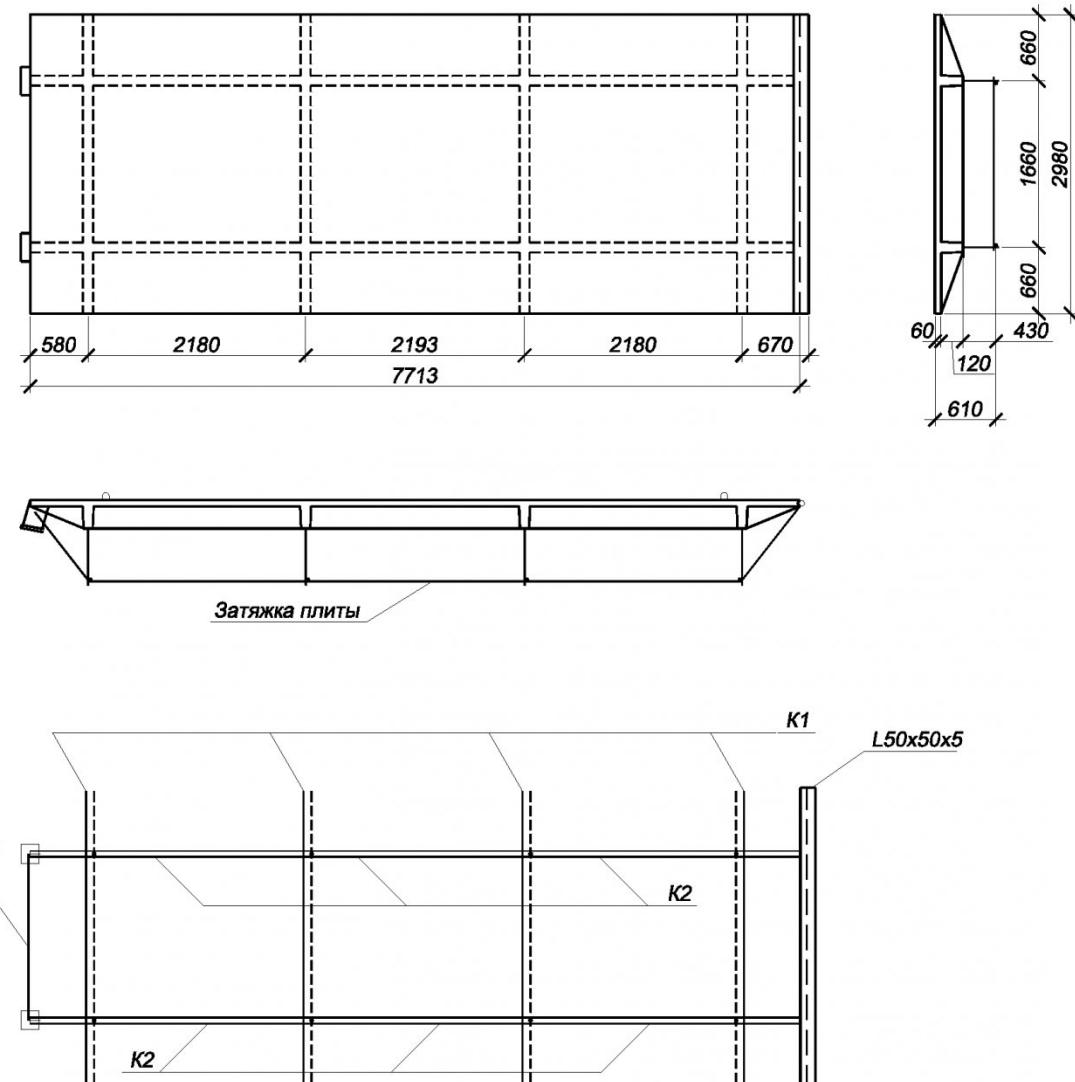


Рис. 4. Схема плиты и её армирование

тонкую ребристую плиту размером  $2980 \times 7713$  мм, усиленную двумя шпенгельными затяжками. При установке на место, соединив обе части плиты через коньковый шарнир, приваривают затяжку системы (рис.1). Эту операцию необходимо выполнить непосредственно на месте монтажа, после того как обе части плиты установлены в проектное положение и произошло обжатие шарнира от действия собственного веса плит.

#### **1. Особенности статического расчёта элементов плиты.**

Расчётные нагрузки составляют – суммарная  $4.783 \text{ кН} / \text{м}^2$ , в том числе продолжительного действия  $3.804 \text{ кН} / \text{м}^2$ . Опреде-

ление усилий производится согласно расчётной схеме работы одной из шпенгельных систем при известной опорной реакции  $R_A$  (рис.2).

Определение усилий не представляет большой трудности – система статически определима, размеры все известны. Основными усилиями являются усилия сжатия воспринимаемые железобетонной плитой  $N_1$  и усилие растяжения в затяжке системы  $N_4$ . Остальные усилия определяются: в нисходящем раскосе  $N_2$ , в стойках и усилие в плите  $N_1^1$  в пределах опорного узла до первой стойки.

Так как система имеет суммарную длину более пролёта 15 м, необходимо нагрузку скорректировать в горизонтальную

интенсивность  $4.7833 \cdot 15.460 / 15 = 4.93 \text{ кН} / \text{м}^2$ . По интенсивной этой нагрузке и определена опорная реакция  $R_A$  при ширине плиты в 3 м. Усилия равны:  $N_1 = 134.489 \text{ кН}$  – сжатие в приделах опорного узла,  $N_1 = 250.670 \text{ кН}$  – сжатие,  $N_2 = 152.223 \text{ кН}$  – растяжение,  $N_3 = 21.913 \text{ кН}$  – растяжение,  $N_4 = 241.963 \text{ кН}$  – растяжение.

При отсутствии затяжки системы, что наблюдается в период монтажа покрытия, действует только постоянная нагрузка от веса плиты. В этом случае усилие в шпенгеле будет равно  $N_3^1 = 58.788 \text{ кН}$ , что значительно больше усилия  $N_3$  в случае полной сборки системы и действия полной нагрузки. Поэтому подбор сечения

шпренгеля плиты необходимо производить по усилию  $N_3^1 = 58.788 \text{ кН}$ .

**2. Расчёт железобетонной плиты на местный изгиб и продольное сжатие** производится в двух направлениях – в продольном и поперечном направлениях. В продольном направлении необходимо учитывать местный изгиб и эксцентрикситет действия продольного усилия  $N_1$ , в поперечном только действие местного изгибающего момента равного  $94924 \text{ Н}\cdot\text{см}$ . При такой величине изгибающего момента на один метр длины потребуется  $0.527 \text{ см}^2$  площади рабочей арматуры. Принимая для армирования рулонную сварную сетку в которой поперечные стержни из стали ВрI ф 4мм (см. знаменатель марки) имеют шаг 200 мм тогда при 5 стержнях на один погонный метр имеем фактическую рабочую площадь  $0.628 \text{ см}^2$ . В продольном направлении при шаге постановки стержней в 100 мм рабочая площадь будет в два раза больше.

В продольном направлении плита рассчитывается как элемент таврового сечения при толщине полки 6 см и двух продольных рёбер высотой 18 см. (рис. 3). Расчёт выполнен на половину ширины плиты на усилие  $0.5 N_1 = 125.335 \text{ кН}$ . и локального изгибающего момента  $M_p = 2.02115 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .

Дополнительно необходимо учитывать изгибающий момент от эксцентрикситета действия продольного усилия 0.5 N, равного 1.29 см. Таким образом, суммарный момент  $M = 2.02115 + 125.335 \cdot 0.129 = 3.63797 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .

Согласно требованиям норм п.3.23 [5], расчётное сечение ребристой плиты определяется из условия ширины свесов в каждую сторону от ребра не более 1/6 пролёта ( $212.3/6 = 35.38 \text{ см}$ ) и не более  $6h'_f = 6 \cdot 6 = 36 \text{ см}$ . Таким образом, расчётная ширина полка  $b'_f$  будет равна  $2 \cdot 35.38 + 7 = 77.766 \text{ см} \approx 78 \text{ см}$ .

Задаёмся армированием и

производим поверочный расчёт на внецентрное сжатие. По принятой ранее рулонной сетке в верхней растянутой зоне плиты будет размещаться 7 стержней проволоки диаметром 4 мм и 2 стержня арматуры класса АIII диаметром 10 мм армирования ребра. В нижней части армирования ребра размещаем один стержень диаметром 20 мм класса АIII. При таком армировании тавровое расчётное сечение выдерживает внецентрное сжатие в  $29.306 \text{ кН}\cdot\text{м}$ , при фактической величине в  $17.7530 \text{ кН}\cdot\text{м}$ .

Локальный момент плиты у поперечного ребра воспринимается верхней арматурой и продольным стержнем ребра.

**3. Подбор сечений металлических элементов**, из стали класса А-III производится по максимальным усилиям – затяжка системы состоит из двух стержней диаметром 16 мм, затяжка плит из двух стержней диаметром 10 мм, нисходящие раскосы и все стойки из стержней диаметром 14 мм. Опорные косынки и опорные пластины из листовой стали С-235 толщиной 14 мм.

**4. Конструирование и армирование плит**, имеющих по два продольных и четыре поперечных ребра, которые обеспечивают их пространственную жесткость. Поперечные короткие ребра армируются каркасами К1, продольные – каркасами

К2. Каркасы К2 выполняются совместно с закладными деталями в виде газовых труб диаметром один дюйм длиной 180 мм. Крепление труб осуществляется на сварке с помощью арматурных коротышей диаметром 10 мм. Эти закладные детали необходимы для размещения и закрепления в них стоек. Нижний конец труб фиксируется упорным штифтом, приваренным к днищу опалубочной формы. Это позволяет строго фиксировать закладную в проектном положении и не допускать ее смещения при бетонировании плиты.

Все арматурные изделия соединяются в один пространственный каркас КП1 в виде рамы с приваренным в торце уголком  $50 \times 50 \times 5$  длиною 2980 мм, который является опорной деталью конькового шарнира. Опорные части каркаса КП1 соединяются между собой стержнем диаметром 18 мм, приваренного к опорным горизонтальным листам (рис.4). Выполним сравнение по расходу бетона и стали на 1 кв. метр покрываемой площади. Примем для сравнения типовые решения покрытий промышленных зданий с применением стропильных ферм, балок и ребристых плит кровли. Дополнительно рассмотрим вариант покрытий малоуклонными плитами на пролет, а также плитоболочкой типа КЖС - для кото-

№ п/п	Конструктивное решение покрытия зданий	Приведенная толщина бетона, см	Удельный расход ста- ли на м <sup>2</sup> покрытия, кг
1	Решетчатая стропильная балка и ребристые плиты покрытия.	10,90	17,17
2	Стропильная безраскосная ферма и ребристые плиты покрытия	8,92	13,57
3	Малоуклонная ребристая плита на пролет	8,98	10,76
4	Ребристая плита-оболочка типа КЖС	8,03	7,98
5	Сталежелезобетонная плита СЖП-15	7,12	12,81

рых не требуются балки или фермы. Показатели сведены в таблицу.

Таким образом, сталежелезобетонная плита СЖП-15 имеет следующие преимущества по сравнению с другими типами покрытий.

1. Плита СЖП-15 имеет, минимальный расход бетона и

стали, что значительно снижает стоимость покрытия зданий при низкой стоимости плиты.

2. Возникает возможность вести монтаж кровли автомобильным краном малой грузоподъемности. При этом сокращается время монтажа, так как покрытие выполняется одним конструктивом – плитой без

применения стропильных балок или ферм.

3. Изготовление плиты возможно как в заводских, так и в полевых построек условиях из-за простоты армирования и возможности качественного технологического контроля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некоторые тенденции и парадоксы развития несущих большепролетных конструкций / Промышленное строительство. 1990, №6, с 20-22.
2. Анишин Л.З. Сталежелезобетонные конструкции покрытий и перекрытий гражданских зданий / Промышленное строительство . 1975, №5, с 14-15.
3. Бондарь Я.П. и др. Сталежелезобетонные фермы покрытий сельскохозяйственных зданий / Промышленное строительство . 1979, №5, с 12-13.
4. Любченко И.Г. и др. Сталежелезобетонные фермы для сельскохозяйственного строительства / Бетон и железобетон. 1976, №7, с 5-7.
5. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелого бетона без предварительного напряжения арматуры. – М.: Центральный институт типового проектирования. 1989. – 190 с.
6. Тесля В.А. Расчет и конструирование сталежелезобетонной плиты покрытия СЖП-15. Методические указания КузГТУ. Кемерово. 2001. –18с.

□ Авторы статьи:

Тесля

Гукин

Виктор Андреевич

Андрей Сергеевич

– доц. каф. строительных конструкций

– ассистент каф. строительных конструкций