

УДК 624.014:624.074.4

**Кузнецов И.Л.** – доктор технических наук, профессор

**Салахутдинов М.А.** – аспирант

**Гимранов Л.Р.** – ассистент

E-mail: [kuz377@mail.ru](mailto:kuz377@mail.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

## НОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ СТАЛЬНЫХ КАРКАСОВ ЛЕГКИХ МНОГОПРОЛЕТНЫХ ЗДАНИЙ

### АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются новые конструктивные решения каркасов многопролетных зданий из легких металлических конструкций. Особенностью предполагаемых зданий является замена подстропильных и части стропильных ферм на подкосно-балочные конструкции. Приводятся результаты расчетов и показатели по расходу стали при различных вариантах выполнения каркасов в целом и различных узлах соединения элементов подкосно-балочных конструкций.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** стальной каркас многопролетного здания, подстропильные и стропильные фермы, подкосно-балочная конструкция.

**Kuznetsov I.L.** – doctor of technical sciences, professor

**Salakhoutdinov M.A.** – post-graduate student

**Gimranov L.R.** – assistant

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

## NEW STRUCTURAL SOLUTIONS OF STEEL FRAMES OF LIGHT MULTISPAN BUILDINGS

### ABSTRACT

The paper deals with a new structural solution of multispans building frames from light metal constructions. Feature of assumed buildings is replacement of eaves girder and part of trusses on bracket-beam construction. The results of calculations and indicators of the steel expense for different variants realizing of frames in whole and different joints of elements of bracket-beam constructions are given.

**KEYWORDS:** Steel frame of multispans building, eaves girder and trusses, bracket-beam construction.

Востребованность в строительстве зданий торгово-развлекательного назначения, логистических центров синтезировала их особую конструктивную форму с применением легких металлических конструкций (ЛМК) [1]. Отмеченная конструктивная схема является доработкой известных конструктивных решений легких зданий промышленного назначения, например типа «Молодечно» [2]. Отличия в конструктивных решениях указанных зданий обусловлены спецификой зданий торгово-развлекательного назначения, а именно – значительной их протяженностью в обоих направлениях, большим шагом расстановки колонн и минимальным числом связей, обеспечивающих свободу планировки, и отсутствием крановых нагрузок. В связи с этим каркас многопролетного здания включает колонны, защемленные в обоих направлениях на фундаментах, стропильные и подстропильные фермы и профилированный стальной настил, уложенный по верхним поясам стропильных ферм с образованием жесткого диска по покрытию. Примером рассматриваемых зданий может служить здание ТЦ «Мега» в г. Казани [1] размерами в плане 228×384,6 м с сеткой колонн 16×16 м. В указанном здании удельный расход стали от массы стропильных ( $G=866$  кг) и подстропильных ферм ( $G=1343$  кг) равен 24,02 кг/м<sup>2</sup>. Анализ конструктивной схемы каркаса данного здания, включающего классические подстропильные и стропильные фермы, показал, что имеются резервы в снижении расхода стали и трудоемкости изготовления.

Поэтому рассмотрим возможные пути снижения расхода стали на подстропильные и стропильные конструкции многопролетного здания. Для нахождения возможного направления в поиске нового конструктивного решения подстропильных и стропильных конструкций решим задачу синтеза оптимальной балочной конструкции. Исходной конструкцией для оптимизации является балка на двух опорах, нагруженная сосредоточенной нагрузкой по аналогии с подстропильной

конструкцией. Задача структурного синтеза решается по критерию минимума массы. Для этого исходную балку разбиваем на объемные конечные элементы и задачу оптимизации решаем методом последовательного приближения с использованием ПК «Ansys». В зависимости от величины снижения массы исходной балки на рис. 1 (б, в, г) приведена окончательная форма оптимальной конструкции. Из приведенных рисунков наибольшее снижение массы балки достигается при трансформировании исходной балки в решетчатую конструкцию с минимальным числом элементов (рис. 1 г).

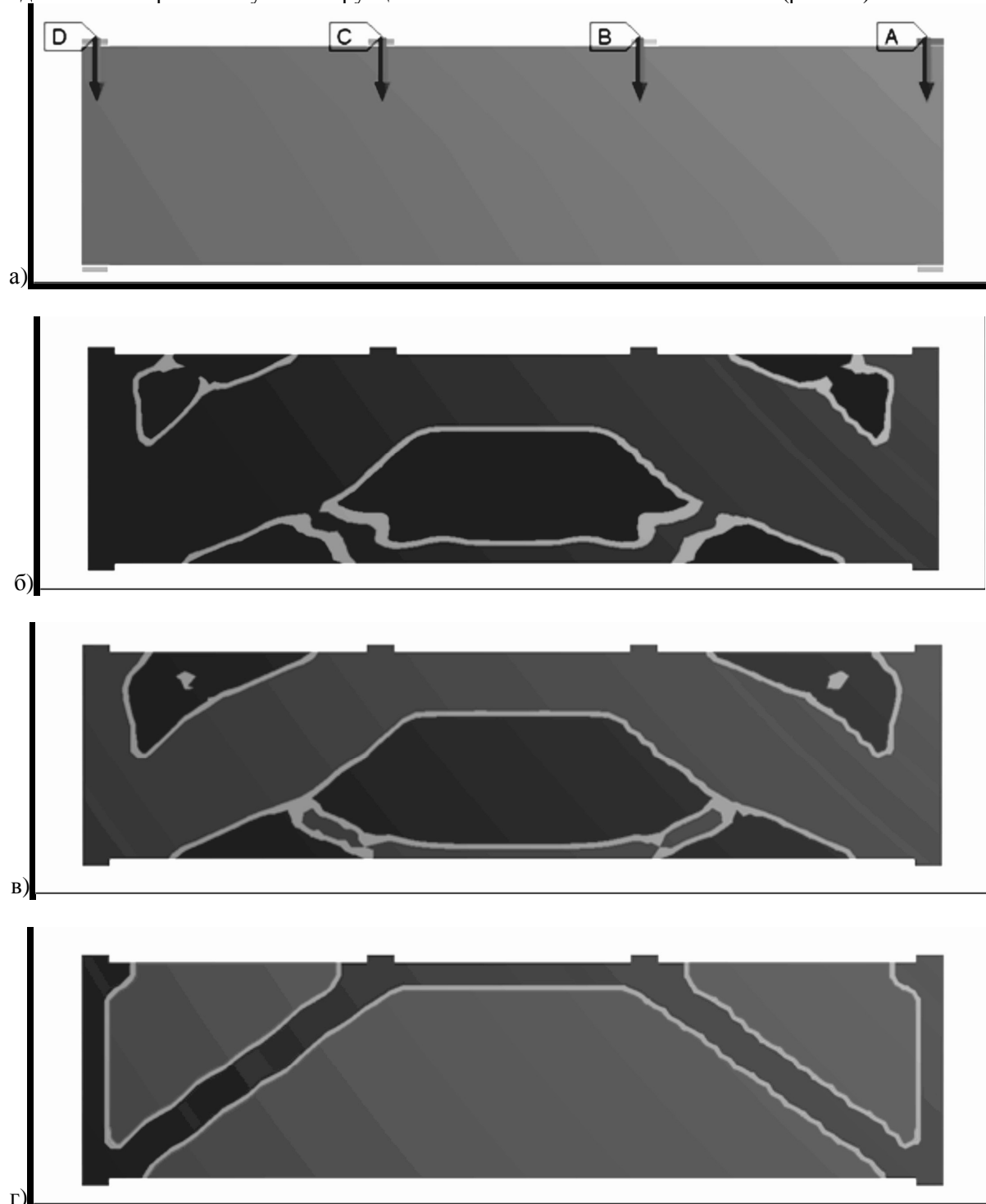


Рис. 1. Оптимальная форма балочной конструкции в процессе структурного синтеза  
а) исходная конструкция; б) промежуточная конструкция со снижением массы на 30 %;  
в) промежуточная конструкция со снижением массы на 40 %;  
г) оптимальная конструкция со снижением массы на 80 %

Используя полученные выше результаты синтеза оптимальной конструкции, можно предложить следующие конструктивные схемы каркасов многопролетного здания (рис. 2 а, б). Первая конструктивная схема (рис. 2 а) предусматривает замену только подстропильных ферм на подкосно-балочную конструкцию. Вторая схема (рис. 2 б) предполагает замену как подстропильных, так и части стропильных ферм, расположенных по оси колонн, на подкосно-балочную конструкцию.

Для выявления эффективности предложенных схем стальных каркасов рассмотрим фрагмент пятипролетного здания с сеткой колонн 16x16 м, соответствующей ранее указанному зданию ТЦ «Мега» в г. Казани. На конструкции покрытия действует расчетная нагрузка от собственной массы несущих конструкций, технологического оборудования и кровли 278 кг/м<sup>2</sup> и расчетная снеговая нагрузка интенсивностью 240 кг/м<sup>2</sup>. Статический расчет проводился на программном комплексе «Лира 9.6» по различным расчетным схемам, отличающимся характером крепления подкосов к колоннам и балкам (табл. 1 и 2). При подборе сечений несущих элементов из стали класса С245 принималось выполнение подкосов и стропильных ферм из гнутосварных профилей по ГОСТ 30245-2003, а балок подстропильных и стропильных конструкций из прокатных двутавров по СТО АСЧМ 20-93. Профилированный стальной настил принимался однотипным и в сравнительной оценке по расходу стали не учитывался. Результаты расчетов и удельный расход стали на несущие конструкции покрытия приведены в таблицах 1 и 2.

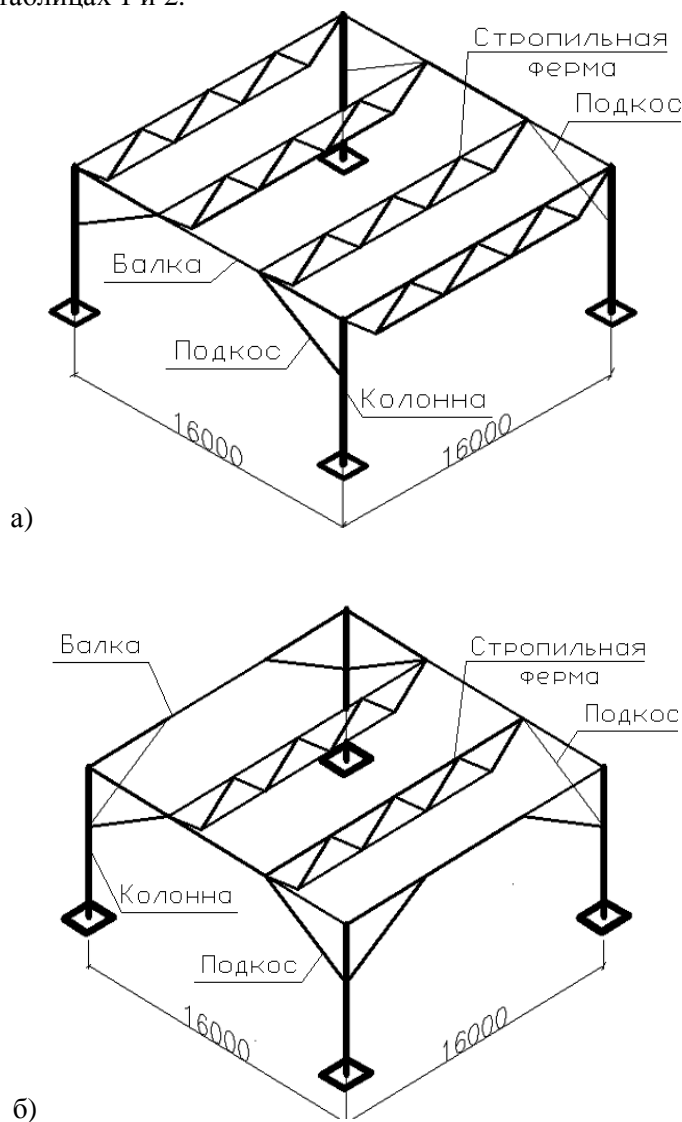


Рис. 2. Предлагаемые конструктивные схемы каркасов многопролетных зданий на примере одной ячейки (значения шага колонн рассматриваем как пример):

- а) с заменой подстропильных ферм на подкосно-балочную конструкцию;
- б) с заменой подстропильных и части стропильных ферм на подкосно-балочную конструкцию

Таблица 1

**Сравнение расчетных схем подстропильной и стропильной подкосно-балочной конструкции  
пятипролетного здания для средней ячейки**

| № п/п | Расчетная схема* | Подстропильная подкосно-балочная конструкция |                        |           | Стропильная подкосно-балочная конструкция |                        |   |
|-------|------------------|--|------------------------|-----------|---|------------------------|---|
|       |                  | Балка консольного участка                    | Балка среднего участка | Подкос    | Балка консольного участка                 | Балка среднего участка | Подкос  |
| 1     | 2                | 3  | 4                      | 5         | 3   | 4                      | 5   |
| а     |                  | двутавр 20Б1                                 | двутавр 40Б1           | ГСП 200x7 | двутавр 30Б2                              | двутавр 35Б1           | ГСП 140x4                                     |
| б     |                  | двутавр 40Б1                                 | двутавр 40Б1           | ГСП 200x7 | двутавр 30Б2                              | двутавр 40Б1           | ГСП 180x6                                     |
| в     |                  | двутавр 40Б1                                 | двутавр 40Б1           | ГСП 200x7 | двутавр 30Б2                              | двутавр 40Б1           | ГСП 150x5                                     |
| г     |                  | двутавр 40Б1                                 | двутавр 40Б1           | ГСП 200x7 | двутавр 30Б2                              | двутавр 40Б1           | ГСП 140x5                                     |
| д     |                  | двутавр 20Б1                                 | двутавр 40Б1           | ГСП 200x7 | двутавр 30Б1                              | двутавр 35Б1           | ГСП 140x4                                     |
| е     |                  | двутавр 20Б1                                 | двутавр 35Б2           | ГСП 200x7 | двутавр 30Б1                              | двутавр 35Б1           | рядовой:<br>ГСП140x4<br>торцевой:<br>ГСП150x5 |

\* Кругжками указано наличие шарниров в соединении элементов каркаса

Таблица 2

## Удельный расход стали на несущие конструкции покрытия

| № п/п | Вариант стального каркаса | Масса подстропильных конструкций, (кг) | Масса стропильных конструкций*, (кг) | Удельный расход стали, (кг/м <sup>2</sup> ) |                    |
|-------|---------------------------|--|--------------------------------------|---|--------------------|
|       |                           |  |                                      | Схема 1 (рис. 2 а)                          | Схема 2 (рис. 2 б) |
| 1     | ТК «Мега»                 | 1342,8                                 | 866,1                                | 24,02                                       |                    |
| 2     | а                         | 1030,06                                | 814,22/866,1                         | 21,58                                       | 21,17              |
| 3     | б                         | 1390,06                                | 965,12/866,1                         | 24,39                                       | 25,17              |
| 4     | в                         | 1390,06                                | 848,52/866,1                         | 24,39                                       | 24,26              |
| 5     | г                         | 1390,06                                | 836,86/866,1                         | 24,39                                       | 24,16              |
| 6     | д                         | 1030,06                                | 764,22/866,1                         | 21,58                                       | 20,78              |
| 7     | е                         | 988,06                                 | 764,22/866,1                         | 21,25                                       | 20,46              |

\* В знаменателе приведена масса стропильных ферм, расположенных не по оси колонн (рис. 2 б).

Анализ полученных данных по удельному расходу стали от несущих конструкций покрытия (табл. 2) показывает:

- предлагаемые конструктивные схемы стальных каркасов обладают преимуществами по расходу стали в сравнении с существующими;
- величина экономии стали зависит от наличия и места расположения шарниров в элементах подкосно-балочной конструкции;
- максимальное снижение удельного расхода стали до 15 % достигается для схемы 2 (рис. 2 б) и варианта «е» (табл. 2).

**Выводы:**

1. Проведенные исследования показали, что замена стропильных и подстропильных ферм на подкосно-балочные конструкции в рассмотренном варианте позволяет уменьшить металлоемкость на стальной каркас многопролетного здания до 15 %.
2. Дальнейшие исследования в совершенствовании предлагаемых конструктивных схем каркасов многопролетных зданий должны вестись в направлении поиска оптимальных геометрических параметров, уменьшения количества монтажных элементов, назначения рациональных сечений элементов как по критерию минимума массы, так и стоимости «в деле».

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гимранов Л.Р. Пространственная жесткость одноэтажных многопролетных легких зданий с применением профилированного настила с увеличенной высотой гофр. // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Казань, 2010. – 171 с.
2. Стальные конструкции покрытий производственных зданий пролетами 18, 24 и 30 м с применением замкнутых гнутосварных профилей прямоугольного сечения типа «Молодечно». Чертежи КМ. Серия 1.460.3-14/90. Выпуск 3. – М., 1982. – 136 с.

**REFERENCES**

1. Gimranov L.R. Space stiffness of single-storey multispans buildings with using steel deck with increased height of corrugations. Dissertation on competition of degree of a Cand. Tech. Sci. – Kazan, 2010. – 171 p.
2. Steel constructions of covering of industrial 18, 24 and 30 span buildings with application of rectangular section by type «Molodechno» from closed roll-welded profiles. Drawings MK. Series 1.460.3-14/90. Publication 3. – M., 1982. – 136 p.