

УДК 624.014: 624.014.078.4: 624.014.2

## К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОСТОВ-БАЛКОНОВ ИЗ МЕТАЛЛА

Синцов<sup>1</sup> А.В., Данченко<sup>2</sup> Н.В., Синцов<sup>3</sup> В.П.

<sup>1,2</sup>ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им В.И. Вернадского»,  
Институт «Академия строительства и архитектуры»,  
295493, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Киевская, 181  
<sup>3</sup>Проектная организация ООО «Стальпроект», Симферополь,  
e-mail: sintsov\_a.v@mail.ru , natahsa\_86nn1986@mail.ru; e-mail: sin59@bk.ru

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам использования металлических элементов для создания конструктивных форм переходов и мостиков между отдельными зданиями либо их блоками.

**Предмет исследования** - конструктивная форма моста-балкона между блоками здания. Развитию и совершенствованию конструктивных форм мостов-балконов уделяют внимание ведущие научно-исследовательские и производственно-проектные учреждения такие как НИИИЖБ, ЦНИИСК, Проектстальконструкция. Важным моментом при разработке конструктивной формы моста-балкона является учёт действительной работы металлических конструкций и учёт на строительной площадке оборудования с необходимой грузоподъёмностью - башенного крана.

**Материалы и методы.** Техничко-экономическая эффективность и архитектурная выразительность мостиков - переходов между корпусами зданий достаточно часто входят в противоречие между собой и достижение их совместимости при возведении зданий довольно сложная и необходимая задача. Для решения противоречий между эффективностью и архитектурной выразительностью использован метод конечных исследований, который реализован в программе ЛИРА САПР.

**Результаты.** Проведённые исследования в программе ЛИРА САПР на разработанных компьютерных моделях позволили получить конструктивное решение моста-балкона, сочетающее в себе архитектурную выразительность и экономическую эффективность с точки зрения расхода металла и использования подъёмного оборудования на строительной площадке без привлечения дополнительных подъёмных механизмов.

**Выводы.** В ходе исследований получено конструктивное решение моста-балкона с требуемой архитектурной выразительностью и экономически эффективное. Экономия стали при устройстве моста-балкона, выполненного в виде пространственной ферм треугольного очертания в поперечном сечении, по сравнению базовым вариантом составила более 50 %.

**Ключевые слова:** мост - балкон, главная балка, пространственная ферма, компьютерная расчётная модель, конечный элемент.

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в Южнобережных районах Крыма (ЮБК) реализуются большое количество проектов многоэтажных зданий — жилых комплексов (ЖК) и клубных домов. Жилые комплексы располагаются в разных населённых пунктах Крыма в основном в городском округе Ялта (г. Ялта, малые города и посёлки Ливадия, Форос, Гаспра, Гурзуф, Симеиз, Алушка, Массандра, Кореиз и другие) и в городском округе Алушта (г. Алушта, посёлки Партенит, Утёс, Малый Маяк, Солнечногорское, Малореченское) [1, 2].

Согласно Единой методике классифицирования жилых новостроек по потребительскому классу, утверждённой Национальным Советом РГР в декабре 2012 года многоэтажные жилые дома (ЖД) разделяются по категориям: ЖД «комфорт – класса», ЖД «бизнес-класса», ЖД «элитного типа» [4].

В большинстве своём на ЮБК строятся многоэтажные здания сложной конфигурации в плане класса ЖД «элитного типа» с элементами

архитектурной выразительности в виде переходных мостиков-балконов пролётами от 12 до 24 метров на фасадах направленных на горы или море (рис.1, а, б).

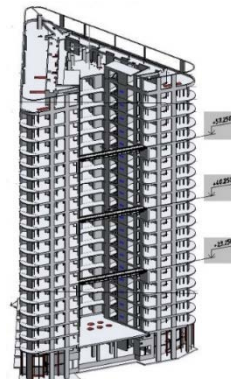
## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Развитию и совершенствованию конструктивных форм переходов и мостиков между зданиями уделяют внимание ведущие научно-исследовательские и проектные учреждения [9 - 13].

Техничко-экономическая эффективность и архитектурная выразительность мостиков - переходов между корпусами зданий достаточно часто входят в противоречие между собой и достижение их совместимости при возведении зданий довольно сложная и необходимая задача (рис. 2...5). Одним из основных критериев выбора конструктивной схемы мостика-балкона в нашем случае - сохранение архитектурной выразительности с учётом обязательной экономии металла и использования для монтажа основных башенных кранов, предназначенных для возведения основных конструкций здания.



а



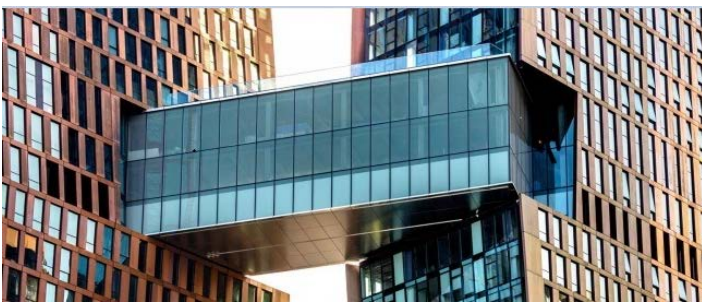
б

**Рис.1.** Общий вид жилого комплекса с жилыми домами категории «элитного типа».

а - общий вид жилого комплекса; б - фасад с размещёнными по высоте мостиками-балконами [1, 2].

**Fig. 1.** General view of a residential complex with "elite-type" residential buildings.

а - general view of the residential complex; б - facade with balconies-bridges placed along the height [1, 2].



**Рис. 2.** Закрытый переход рамного типа

**Fig. 2.** Closed frame-type passage



**Рис. 3.** Закрытый переход ферменного типа

**Fig. 3.** Closed truss-type passage



**Рис. 4.** Закрытый подъёмный переход рамного типа

**Fig. 4.** Closed frame-type lifting passage



**Рис. 5.** Открытый переход балочного типа

**Fig. 5.** Open beam-type transition

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Цель и задачи работы.** Целью работы является снижение металлоёмкости несущих конструкций мостов - балконов, объединяющих части многоэтажных корпусов зданий жилого комплекса, расположенного в Республике Крым, город Ялта, с сохранением их архитектурной выразительности.

Специалистами АСиА КФУ им. В.И. Вернадского совместно со специалистами проектной фирмы «Стальпроект» было предложено несколько конструктивных решений моста-балкона пролётом 18.4 метра со сплошными и сквозными несущими конструкциями.

Для обеспечения требований действующих нормативных документов в строительстве и возможности использования подъёмного оборудования в участке строительства - башенные

краны с грузоподъёмностью 9.0 тонн на вылете установки моста-балкона были решены следующие научно-технические задачи:

- разработка пяти компьютерных моделей моста-балкона с разными конструктивными решениями с обеспечением прочности и жёсткости несущих конструкций моста-балкона при монтаже и при эксплуатации;

- проведение сравнительного анализа материалов расчёта компьютерных моделей с целью выявления эффективного конструктивного решения моста-балкона с точки зрения расхода металла с сохранением их архитектурной выразительности;

- разработка проекта оптимального конструктивного решения моста-балкона.

**Основной материал.** При проведении работ по оптимизации несущих элементов конструкции моста-балкона исследования выполнялись на основании расчётного обоснования с созданием

компьютерных моделей в специализированном, сертифицированном программном комплексе «ЛИРА-САПР 2020» (ПК «ЛИРА»), теоретической основой которого является метод конечных элементов (МКЭ), реализованный в форме перемещений [14]. При создании расчетных моделей учтены требования документов [5 – 8, 12, 14].

Мост - баллон со сплошнотенчатыми несущими элементами в виде сварных составных балок двутаврового сечения высотой 700 мм с настилом для ходьбы в уровне верхнего пояса балок (1-й вариант компьютерной модели – табл. 1). Пролёты главных балок - 18,4 м и 16,4 м. Вспомогательные элементы - балки настила (БН) пролётом 1,63 м выполнены из прокатного двутавра. Связевые элементы – трубчатые..

Мост-баллон в виде пространственной сквозной конструкции прямоугольного очертания, в которой несущие фермы высотой 2,8 м с трубчатыми элементами с настилом для ходьбы в уровне нижних поясов фермы (2-й вариант компьютерной модели – табл. 1). Вспомогательные элементы пролётом 1,63 м выполнены из прокатного швеллера.


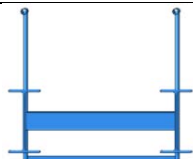
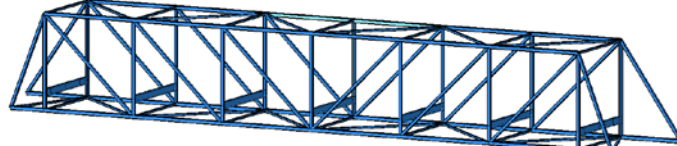
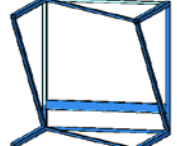
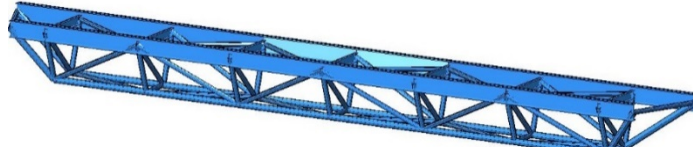

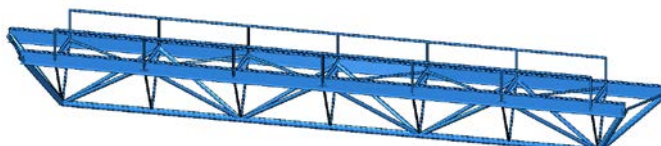

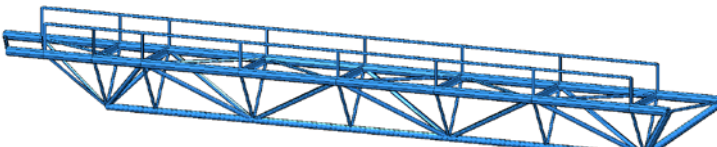

Мост-баллон в виде пространственной сквозной конструкции трапециевидного очертания высотой

по осям элементов 1,2 м с настилом для ходьбы в уровне верхних поясов фермы (3-й вариант компьютерной модели – табл. 1). Верхние пояса фермы - прокатный двутавр, нижние пояса фермы и решётка - горячекатаная труба. Вспомогательные элементы пролётом 1,63 м выполнены из прокатного швеллера. Связевые элементы - трубчатые.

Мост-баллон в виде пространственной сквозной конструкции треугольного очертания высотой по осям элементов 1,2 м с настилом для ходьбы в уровне верхних поясов фермы (4-й вариант компьютерной модели – табл. 1). Верхние пояса фермы - прокатный двутавр, нижний пояс фермы и решётка - горячекатаная труба. Вспомогательные элементы пролётом 1,63 м выполнены из прокатного швеллера.

Мост-баллон в виде пространственной сквозной конструкции треугольного очертания высотой по осям элементов 1,2 м с настилом для ходьбы в уровне верхних поясов фермы (5-й вариант компьютерной модели – табл. 1). Все пояса фермы и решётка - горячекатаная труба. Вспомогательные элементы пролётом 1,63 м выполнены из прокатного швеллера.

**Таблица 1.** Конструктивные решения компьютерных моделей.  
**Table 1.** Design solutions for computer models.

№ вар.	Общий вид компьютерной модели	Фрагмент сечения
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

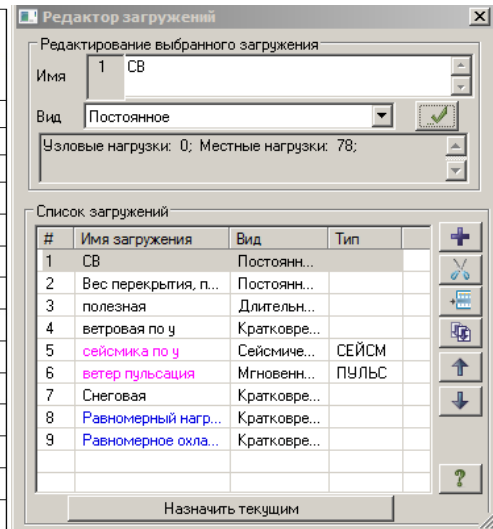
При расчёте учтены следующие нагрузки - постоянные, временные (длительные, кратковременные) и особые, величины которых

сведены в таблицу (рис. 6 а, б) [6]. Уровень ответственности конструкций мостов - баллонов – нормальный [5].

Для передачи ветровой нагрузки в местах расположения балок настила установлены стойки - ограждения для передачи на верхний пояс (ГБ)

моста-балкона ветровой нагрузки (для расчётов ограждение принято - стеклянное) [12, 14].

Наименование	Величина			Единицы измерения	Примечание
	Нормативная	Коэф. надежности	Расчетная		
Постоянные нагрузки					
1. Вес ж.б. плиты	375,0	1,1	420,0	кг/м <sup>2</sup>	
2. Вес полов	200,0	1,3	260,0	кг/м <sup>2</sup>	
3. Вес бортового декоративного элемента	230,0	1,3	300,0	кг/м	
4. Вес нижней подшивки перехода	77,0	1,3	100,0	кг/м <sup>2</sup>	
5. Вес стеклянного ограждения	60,0	1,1	66,0	кг/м	
Временные нагрузки					
6. Полезная нагрузка	400,0	1,2	480,0	кг/м <sup>2</sup>	
Атмосферные нагрузки					
7. Ветровая нагрузка, $w_0$	38,0	1,4	55,0	кг/м <sup>2</sup>	
8. Снеговая нагрузка, $S_0$	100,0	1,4	140,0	кг/м <sup>2</sup>	
Температурно-климатические воздействия					
9. В теплое время года	+55,65 °C	1,1	+61,2	°C	
10. В холодное время года	-33,76 °C	1,1	-37,14	°C	



а

б

Рис.6. Нагрузки на конструкции моста-балкона.

а - таблица с величинами нагрузок, б - таблица загрузений в компьютерной модели.

Fig. 6. Loads on the balcony bridge structure.

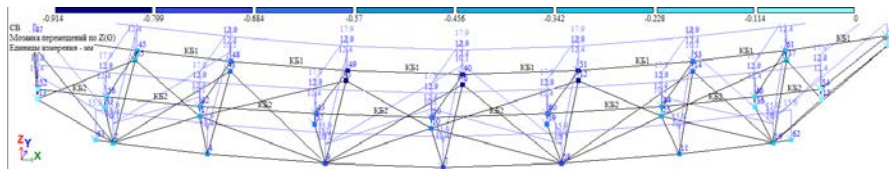
a - table with load values, b - table of loads in a computer model.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

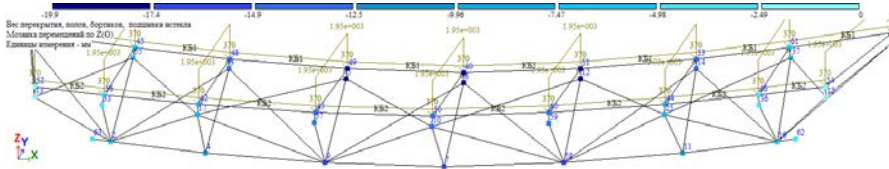
Пространственная устойчивость и жёсткость моста - балкона обеспечивается очертанием поперечного сечения пространственной фермы и совместной работой балок настила и стального настила балочной клетки в уровне верхнего пояса.

Результаты исследований представлены для эффективной компьютерной модели с поперечным сечением моста-балкона треугольного очертания с поясами трубчатого сечения в виде мозаик перемещений от различных загрузений и мозаик проверки предельных состояний и местной устойчивости несущих элементов моста-балкона (рис. 7, 8).

а

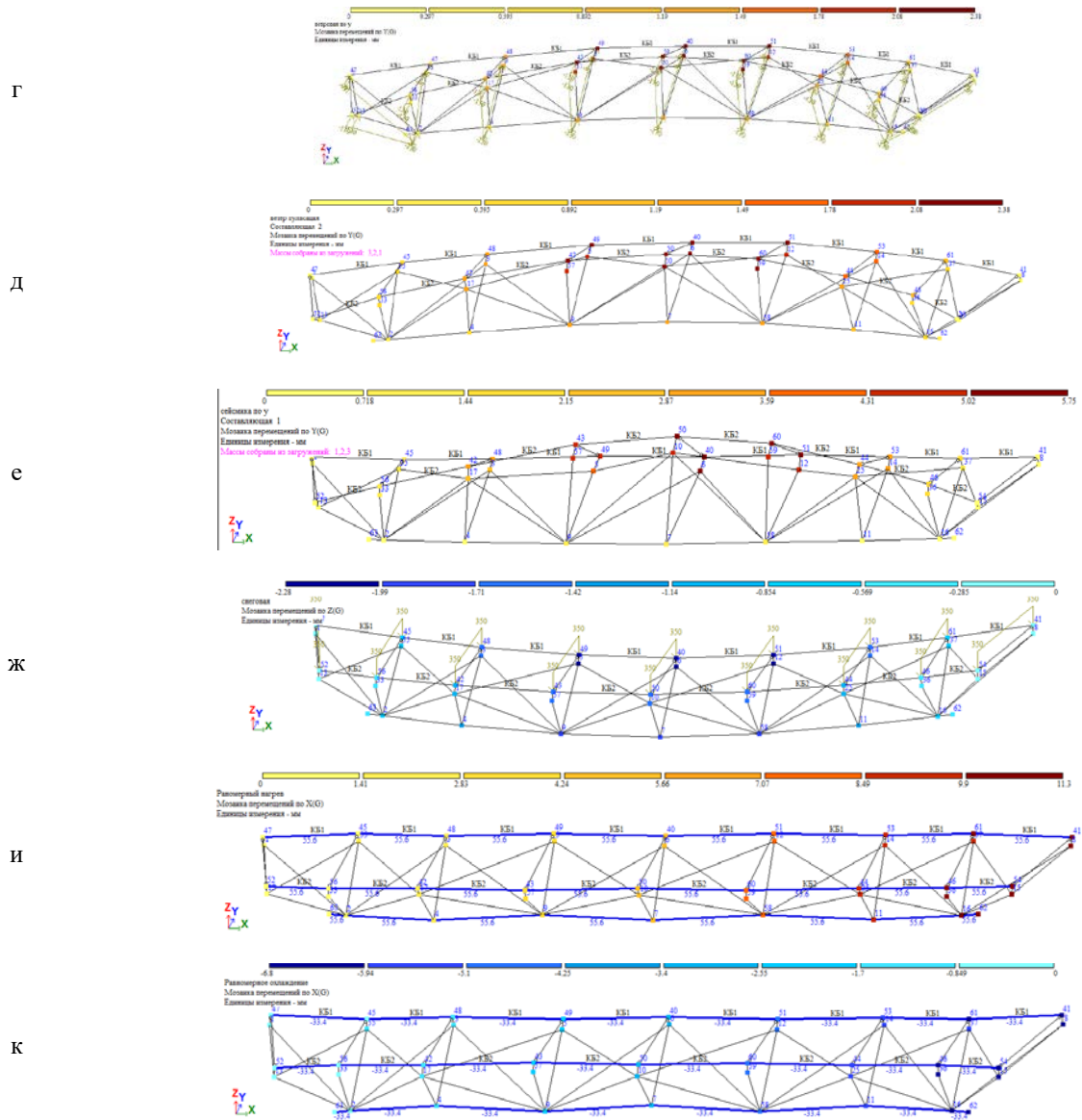


б



в





**Рис.7.** Мозаики перемещений узлов компьютерной модели (вариант 5) от внешних действующих нагрузок.

а - от собственного веса стальных элементов, б - от собственного веса прочих конструктивных элементов, в - от полезной нагрузки, г - от ветровой нагрузки, д - от ветровой нагрузки (пульсация), е - от сейсмической нагрузки, ж - от снеговой нагрузки, и - температурные воздействия (нагрев), к - температурные воздействия (охлаждение).

**Fig. 7.** Mosaics of node movements in the computer model (option 5) under external loads.

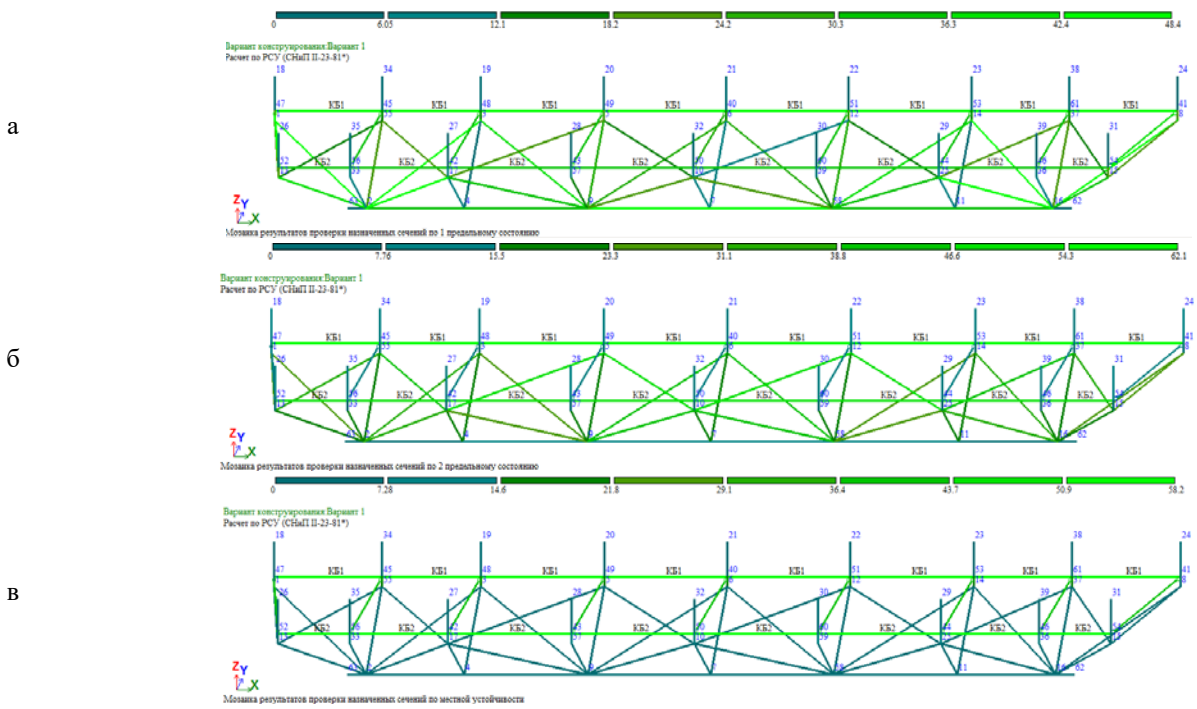
a - from the dead weight of steel elements, б - from the dead weight of other structural elements, в - from the useful load, г - from the wind load, д - from the wind load (pulsation), е - from the seismic load, ж - from the snow load, и - temperature effects (heating), к - temperature effects (cooling).

Анализ результатов уровня перемещений от различных загрузений позволяет сделать вывод, что суммарные перемещения по вертикали от загрузений а, б, в, (рис. 7) составляют - 30,9 мм и не превосходят нормативного значения прогиба для конструкций сооружения, которая не должна превышать 1/400 пролёта главных балок (ферм) моста-балкона и составляет 45 мм [6 – 8, 14].

Уровень перемещений от поперечных загрузений г, д, е, (рис. 7) (ветер с учётом пульсации, сейсмика) лежит в пределах 4,7....5,75

мм, что обеспечивает нормальную эксплуатацию ограждающих конструкций моста-балкона.

Уровень перемещений от нагрева – охлаждения (рис.7 и, к) стальных конструкций моста-балкона лежит в пределах - 6.8...+ 11.3 мм обязывает конструктора предусмотреть возможность данных перемещений на опорных участках несущих конструкций моста-балкона, учитывая шарнирное опирание последних на закладные детали, установленные в железобетонных стенах здания в уровне перекрытий.



**Рис.8.** Мозаики результатов проверки назначенных сечений элементов.

а - первому предельному состоянию, б - по второму предельному состоянию, в - по местной устойчивости

**Fig. 8.** Mosaics of the results of checking the assigned sections of elements.

а - first limit state, б - second limit state, в - local stability

Анализ мозаик результатов проверки принятых сечений, элементов несущих конструкций моста-балкона, показывает запас прочности, жёсткости и местной устойчивости до 38 %, что отвечает требованиям нормативных документов для данного типа конструкций.

Для выявления эффективного варианта конструктивного решения моста-балкона с точки зрения расхода металла, произведён расчёт массы

элементов, основных несущих конструкций моста-балкона (элементы главных балок, элементы главных ферм, элементы связевых ферм, балок настила, соединительные элементы). Результаты просчета массы элементов моста-балкона на основе исследований напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций компьютерных моделей элементов сведены в таблицу 2.

**Таблица 2.** Определение массы элементов моста-балкона.

**Table 2.** Determining the mass of the balcony bridge elements.

№ п/п	Элемент моста-балкона	Масса элементов моста-балкона, кг					Примеч.
		1-й вариант (исходный)	2-й вариант	3-й вариант	4-й вариант	5-й вариант	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Главная балка	10462.70	-	-	-	-	
2	Главные фермы	-	4838.00	4784.00	4702.00	4195.5	
3	Балки настила	921.86	455.00	398.00	398.00	398.00	
4	Связевые элементы	582.06	1789.00	990.00	620.00	580.00	
5	Соединительный элемент	-	325.00	365.00	285.00	255.00	
6	Общий расход	11966.6	7607.00	6537.00	6005.00	5428.00	

Базовый вариант моста-балкона - 1-й вариант с основными несущими конструкциями в виде сплошностенчатых конструкций (главные балки, балки настила, элементы связей). Общая масса несущих конструкций 1-й варианта моста-балкона составила - 11966.6 тонны.

Экономия стали для 2-ого...5-ого вариантов моста-балкона с основными несущими

конструкциями в виде пространственных сквозных конструкций (главные ферм, элементы связевых ферм, балки настил соединительные элементы) составляет от 36,5 до 54,6 %.

Эффективное конструктивное решение моста балкона – пространственная ферменная конструкция с треугольным поперечным сечением. Общая масса несущих конструкций эффективного

конструктивного решения моста балкона составила – 5428,00 тонн. При этом пространственная жёсткость моста - балкона обеспечена треугольным очертанием поперечного сечения пространственной фермы и совместной работой балок настила и стального настила балочной клетки в уровне их верхнего пояса, что позволило сократить количество элементов моста - балкона и снизить его массу.

На основе проведенных исследований разработан проект металлических конструкций моста – балкона. Основная компоновка конструкций моста – балкона представлена на рис 9.

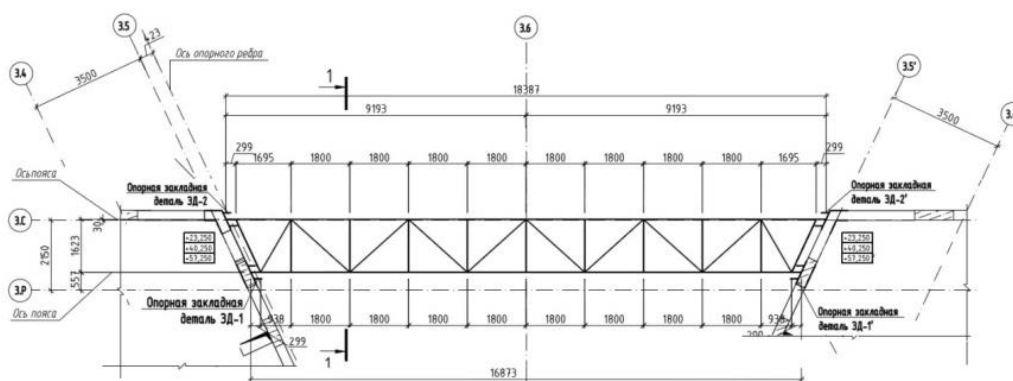
## ВЫВОДЫ

1. Разработаны пять вариантов компьютерных моделей с разными конструктивными решениями моста –балкона. Проведены исследования работы конструкций пять вариантов конструктивных решений мостов – балконов.

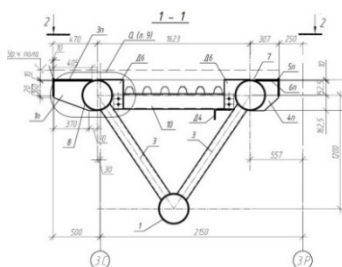
2. Анализ результатов расчётов компьютерных моделей моста-балкона позволил определить наиболее эффективное конструктивное решение по расходу стали с сохранением архитектурной выразительности моста-балкона.

3. Выполнен проект металлических конструкций эффективного конструктивного решения моста балкона в виде пространственной ферменной конструкции с треугольным поперечным сечением и элементами крепления облицовочной системы.

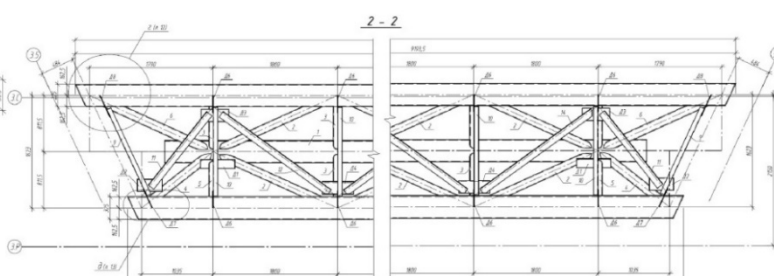
а



б



в



**Рис. 9.** Эффективное проектное решения моста-балкона.

а - схема несущих конструкций с примыканием к стенам смежных секций здания;

б – поперечное сечение моста-балкона; в - вид на конструкции моста-балкона сверху (фрагмент)

**Fig. 9.** An effective design solution for a bridge-balcony.

a - diagram of the supporting structures with connections to the walls of adjacent building sections;

b - cross-section of the bridge-balcony; c - view of the bridge-balcony structures from above (fragment)

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Все населённые пункты Большой Ялты. [Электронный ресурс]. <https://yaltanadoni.ru/locations/>
2. Южный берег Крыма. Большая Алушта. [Электронный ресурс]. <https://dzen.ru/a/Y1B3zw3din7ilDYk/>
3. Развитие высотного строительства в России [Электронный ресурс]. Режим доступа:

[https://cyberleninka.ru/article/n/ развитие-высотного-строительства.](https://cyberleninka.ru/article/n/развитие-высотного-строительства)

4. Единая методика классифицирования жилых новостроек по потребительскому качеству (классу). Стандарт Российской гильдии риэлторов. г. Санкт-Петербург, 2012. - 37 с.

5. Федеральный закон "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" .

6. СП 20.13330.2016. «Свод правил. Нагрузки и воздействия» [Текст]. - М.: Минстрой России, 2018. – 155 с.
7. СП 16.13330.2017 «Свод правил. Стальные конструкции» [Текст]. - М.: Минстрой России, 2018. – 157 с.
8. СП 14.13330.2018. «Свод правил. Строительство в сейсмических районах». [Текст]. - М.: Минстрой России, 2018. – 117 с.
9. Генералов В.П. Особенности проектирования высотных зданий /Генералов В.П. // Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – 2009.
10. Викторова Л.А. Высотные здания-плюсы и минусы строительства / Л.А. Викторова // Архитектура и строительство России. – 2012. – № 10.
11. Исаков, А.И. Высотное строительство в России / А.И. Исаков // Синергия наук. – 2016. – № 6.
12. Основные положения проектирования конструкций высотных зданий с жестким сопряжением галерейных переходов. ООО "Роспайп. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ros-pipe.ru/tekh\\_info/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-zdaniy-i-sooruzheniy/primery-vysotnykh-zdaniy-s-zhestkim-soedineniem-ga/](https://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-zdaniy-i-sooruzheniy/primery-vysotnykh-zdaniy-s-zhestkim-soedineniem-ga/)
13. Матейко, А.О. Периоды развития и современные тенденции высотного строительства / А.О. Матейко // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Градостроительство. – 2016.
14. Металлические конструкции. Т.2. Стальные сооружения, конструкции из алюминиевых сплавов. (Справочник проектировщика)/ под общ. ред. В.В. Кузнецова -М.: из-во АСВ, 1999-528 с.
15. Программный комплекс «ЛИРА-САПР®». Руководство пользователя. Под редакцией академика РААСН Городецкого А.С. Электронное издание, 2018г. – 254 с.

## REFERENCES

1. All settlements of Big Yalta. [Electronic resource]. <https://yalta-naladoni.ru/locations/>.
2. The southern coast of Crimea. Big Alushta. [Electronic resource]. <https://dzen.ru/a/YIB3zw3din7ilDYk/>.
3. Development of high-rise construction in Russia [Electronic resource]. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/development-high-rise-construction>.
4. Unified methodology for classifying residential new buildings by consumer quality (class). Standard of the Russian Guild of Realtors. St. Petersburg, 2012. - 37 s.
5. Federal Law "Technical Regulations on Safety of Buildings and Structures."
6. CP 20.13330.2016. «Code of Practice. Loads and impacts».
7. CP 16.13330.2017 «Code of Practice. Steel structures».
8. CP 14.13330.2018. «Code of Practice. Construction in seismic areas».
9. Generalov V.P. Design features of high-rise buildings/ Generalov V.P./Samara State University of Architecture and Civil Engineering. – 2009.
10. Viktorova L.A. High-rise buildings - pros and cons of construction/L.A. Viktorova // Architecture and construction of Russia. – 2012. – № 10.
11. Isakov A.I. High-rise construction in Russia/A.I. Isakov//Synergy of Sciences. – 2016. – № 6.
12. Basic design provisions for high-rise buildings with rigid junction of gallery passages. Rospipe LLC. [Electronic resource]. Режим доступа: [https://ros-pipe.ru/tekh\\_info/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-zdaniy-i-sooruzheniy/primery-vysotnykh-zdaniy-s-zhestkim-soedineniem-ga/](https://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhnicheskie-stati/proektirovanie-zdaniy-i-sooruzheniy/primery-vysotnykh-zdaniy-s-zhestkim-soedineniem-ga/)
13. Mateiko A.O. Periods of development and modern trends in high-rise construction/A.O. Mateiko // Traditions and innovations in construction and architecture. Urban planning. – 2016.
14. Metal structures. V. 2. Steel structures, aluminum alloy structures. Edited by V. Kuznetsov. Moscow, 1999. -528 p.
15. LIRA-SAPR® software package. User manual. Edited by academician RAACSA. Gorodetsky, Electronic edition, 2018. - 254 p.

## ON THE EFFECTIVENESS OF METAL BALCONY BRIDGES

Sintsov<sup>1</sup> A.V., Danchenko<sup>2</sup> N.V., Sintsov<sup>3</sup> V.P.

<sup>1,2</sup>Institute "Academy of Construction and Architecture", FGAOU VO "KFU named after V.I. Vernadsky", address: 181 Kievskaya Street, Simferopol, e-mail: sintsov\_a.v@mail.ru , natahsa\_86nn1986@mail.ru

<sup>3</sup>Design organization LLC "Stalproekt", Simferopol, e-mail: sin59@bk.ru

**Abstract.** The article is devoted to the use of metal elements to create structural forms of transitions and bridges between individual buildings or their blocks.

**The subject** of research is the structural shape of the bridge-balcony between the blocks of the building. Leading research and production and design institutions such as Research Institute of Reinforced Concrete, Central National Research Institute of Building Structures, Project Steel Design pay attention to the development and improvement of the structural forms of bridges-balconies. An important point in the development of the structural shape of the bridge-balcony is the accounting of the actual operation of metal structures and the accounting at the construction site of equipment with the required carrying capacity - a tower crane.

**Materials and methods.** The technical and economic efficiency and architectural expressiveness of bridges - transitions between building buildings quite often conflict with each other and achieving their compatibility in the construction of buildings is a rather difficult and necessary task. To solve the contradictions between efficiency and architectural expressiveness, the method of final research was used, which is implemented in the LIRA CAD program.

**Results.** The studies carried out in the LIRA CAD program on the developed computer models made it possible to obtain a structural solution of the bridge-balcony, combining architectural expressiveness and economic efficiency in terms of metal consumption and the use of lifting equipment at the construction site without involving additional lifting mechanisms.

**Conclusions.** In the course of research, a structural solution of the bridge-balcony with the required architectural expressiveness and cost-effective was obtained. Steel saving at arrangement of bridge-balcony, made in the form of spatial trusses of triangular outline in cross section, in comparison with basic version made more than 50%.

**Key words.** Bridge - balcony, main beam, spatial truss, computer calculation model, final element, reinforcement nodes.