

УДК 624.21.072.074.43

Картошина Светлана Викторовна, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, zdanija@madi.ru

Гончарук Александр Александрович, студент,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, zdanija@madi.ru

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ВАРИАНТА ШАТРОВОЙ ОБОЛОЧКИ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ГРУЗОВОГО ТЕРМИНАЛА АЭРОПОРТА С УЧЕТОМ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Аннотация. В статье приведен обзор конструкции шатрового висячего покрытия и результаты теоретических исследований, на основе метода конечных элементов под воздействием временных и постоянных нагрузок. Сделаны выводы по двум группам предельных состояний, а также выполнено технико-экономическое сравнение вариантов покрытия.

Ключевые слова: висячее покрытие, радиальная система, ребристые плиты покрытий, грузовой терминал.

Kartoshina Svetlana V., Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, zdanija@madi.ru

Goncharuk Alexander A., student,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, zdanija@madi.ru

CHOICE OF A RATIONAL VARIANT OF TENT COVERING FOR THE AIRPORT CARGO TERMINAL IN VIEW OF THE STRESS-STRAIN STATE

Abstract. The article provides an overview of the structure of the hanging tent covering and the results of theoretical studies based on the method of finite-elements under influence of temporary and permanent loads. Conclusions were drawn taking into account two groups of limit states, also a technical and economic comparison of coverage options was performed.

Key words: tent covering, radial system, ribbed plate coatings.

Введение

Большепролетные здания и сооружения признак современных транспортных комплексов. При этом оптимальным вариантом

большепролетного покрытия чаще являются железобетонные сборные тонкостенные пространственные конструкции – своды, купола, висячие оболочки, которые обеспечивают создание безопорного внутреннего пространства помещений [1].

Основная часть

Висячая железобетонная оболочка – это оболочка, в которой роль основной рабочей арматуры выполняют радиальные вантовые системы.

Стрелу провисания ванта назначают в пределах от $1/15$ до $1/30$. Оболочки выполняют сборно-монолитными, они имеют замкнутый, работающий на сжатие, опорный контур (в виде кольца), воспринимающий распор ванта и передающий только вертикальные нагрузки на поддерживающие конструкции.

Опорный контур висячей оболочки проектируется из сборного железобетона.

Шаг ванта и размеры плит назначают исходя из снижения веса оболочки, сокращения сроков монтажа, с учетом шага контурных опор (колонн), членения сборных элементов опорного контура. В зависимости от принятой системы ванта проектируют плиты покрытия трапецевидной формы. Ванты располагают внутри бетона. При этом оболочка должна быть ребристой.

В опорных конструкциях ванты закрепляются при помощи анкерных устройств. На одном из концов ванта предусматривается регулируемое анкерное устройство, обеспечивающее возможность регулировки длины ванта во время монтажа и предварительного напряжения. Ограждающие элементы укладываются на ванты, закрепленные в опорном контуре.

Предварительное напряжение висячей оболочки осуществляется с помощью пригрузки (временной нагрузки), укладываемые на плиты, подвешиваемые к вантам, стыки между плитами замоноличивают, обжатие

оболочки осуществляется после снятия пригрузки. Работа выполняется в следующем порядке:

- а) укладка и закрепление плит на вантовой сетке;
- б) нагружение пригрузом покрытия;
- в) замоноличивание швов, располагаемым нормально к несущим вантам;
- г) освобождение покрытия от временной нагрузки после набора бетоном в швах необходимой прочности;
- д) замоноличивание всех оставшихся швов.

Внутренне кольцо в оболочках с радиальной вантовой сетью (рис. 1) работает на растяжение. Поперечное сечение кольца развивается в вертикальном направлении, обеспечивая распределение усилий от анкеров вант на всю высоту сечения. Закрепление вант к внутреннему кольцу проектируется таким образом, чтобы линия действия усилия в ванте проходила через центр тяжести поперечного сечения. Анкеры вант обетонированы и надежно защищены от коррозии.

Сборные плиты подвешиваются к вантам при помощи выпусков рабочей арматуры, стальных крюков, привариваемых к арматуре плит, и специальных деталей [2].

С помощью расчетного комплекса SOFiSTiK были созданы графические модели двух вариантов покрытия ребристых плит – из тяжелого и легкого бетона класса В30 (рис. 1).

Анализ работы напряженно-деформированного состояния шатрового висячего покрытия проводился на основе результатов расчета в программном комплексе SOFiSTiK, с использованием метода конечных элементов [3].

Расчет производился по двум группам предельных состояний. По первой группе предельных состояний были определены нормальные напряжения покрытия, изгибающие моменты и продольное и поперечное армирование (рис. 2.1–2.8).

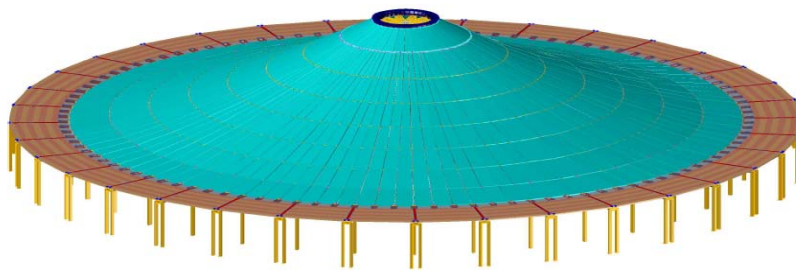


Рис. 1. Модель грузового терминала

По второй группе предельных состояний определены прогибы покрытия (рис. 3).

Сравнение расчетных характеристик покрытий, по первой и второй группе предельных состояний, представлено в табл. 1.

Технико-экономическое сравнение вариантов представлено в табл. 2.

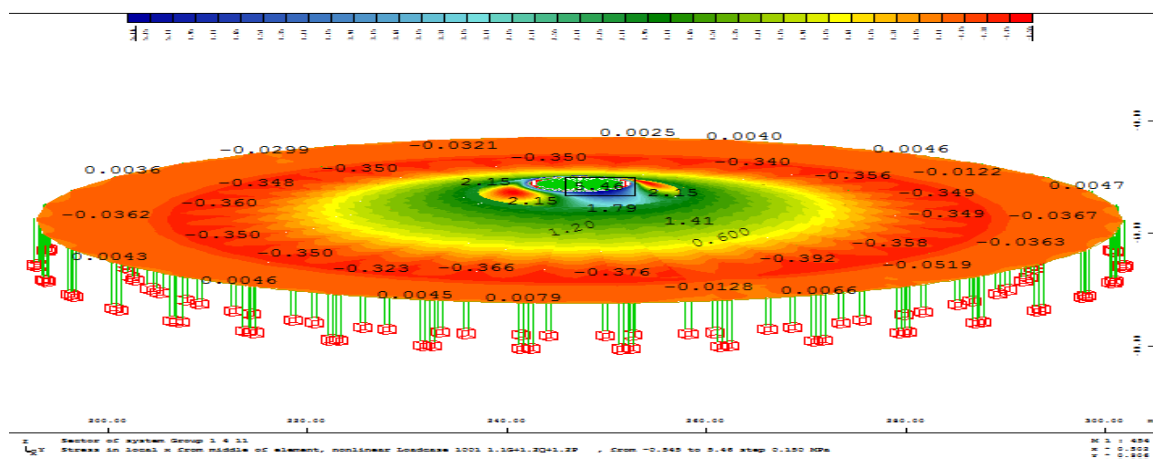


Рис. 2.1. Нормальные напряжения по оси X для покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

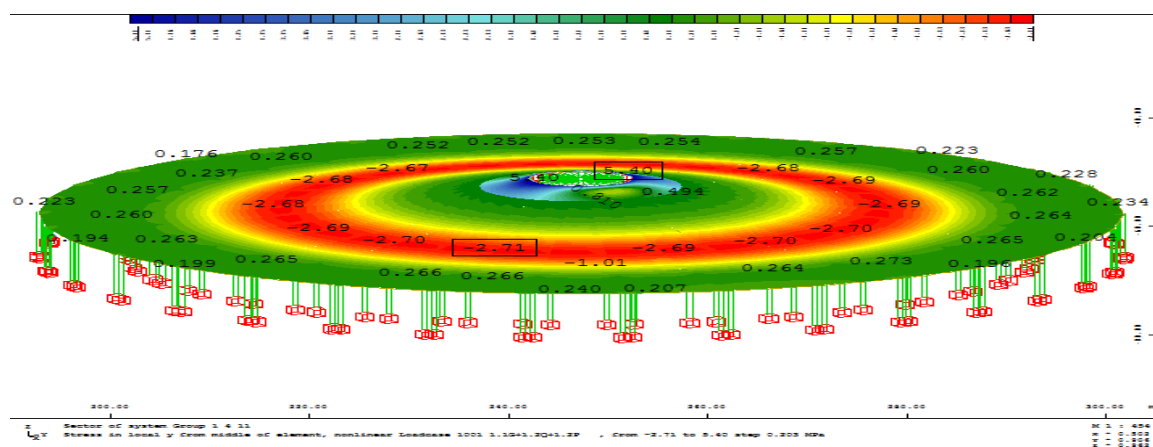


Рис. 2.2. Нормальные напряжения по оси Y для покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

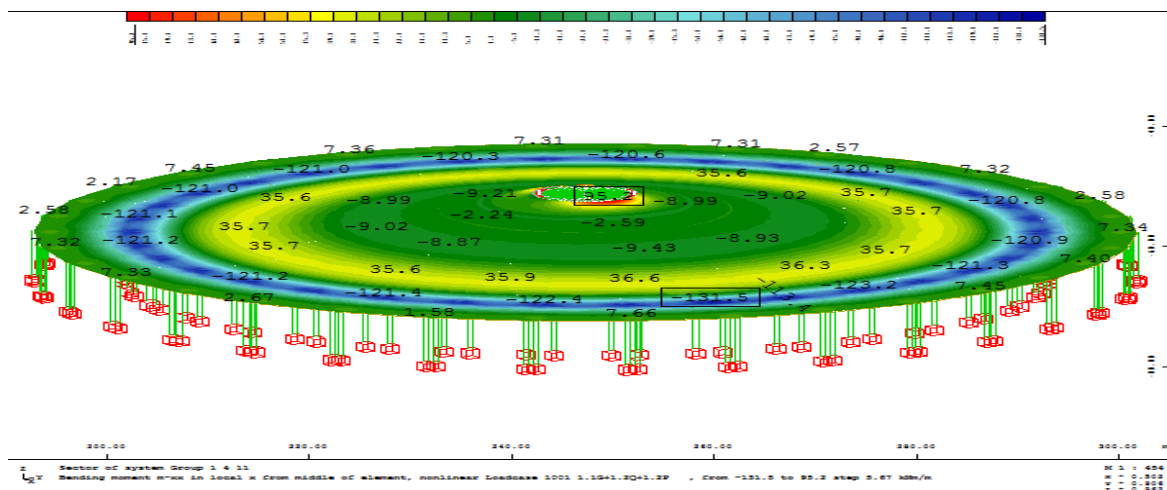


Рис. 2.3. Изополю изгибающего момента (по оси X) для покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

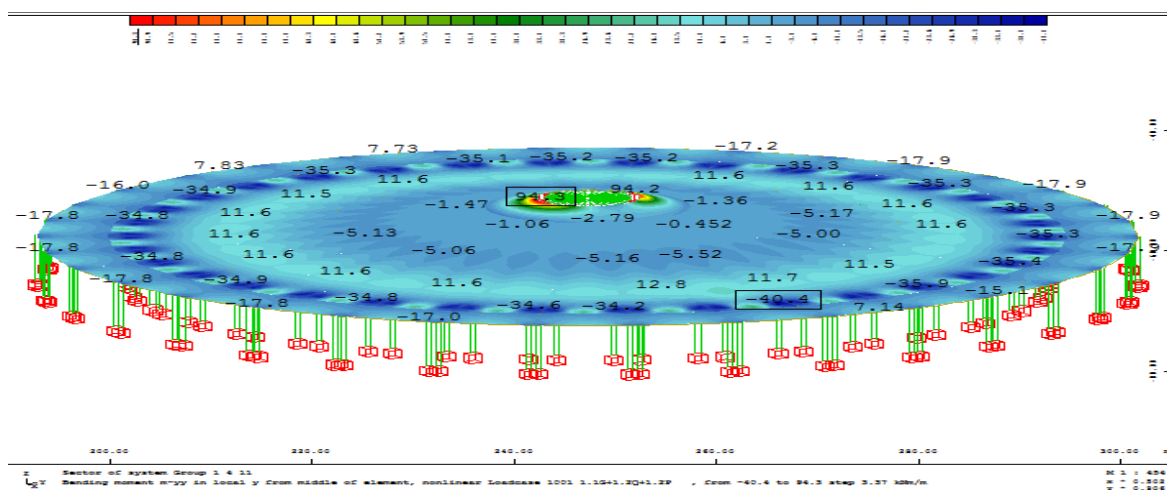


Рис. 2.4. Изополю изгибающего момента (по оси Y) для покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

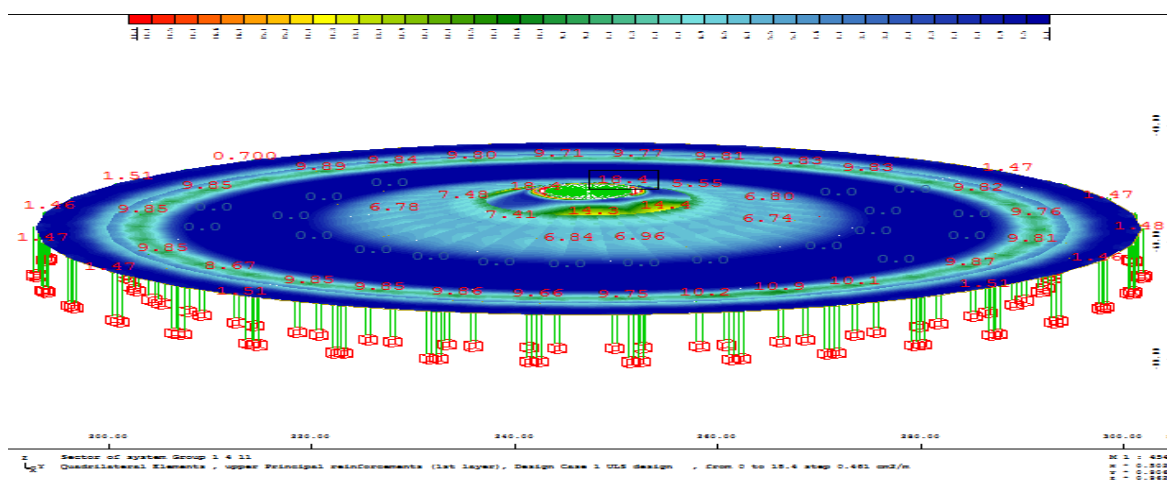


Рис. 2.5. Верхнее продольное армирование для покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

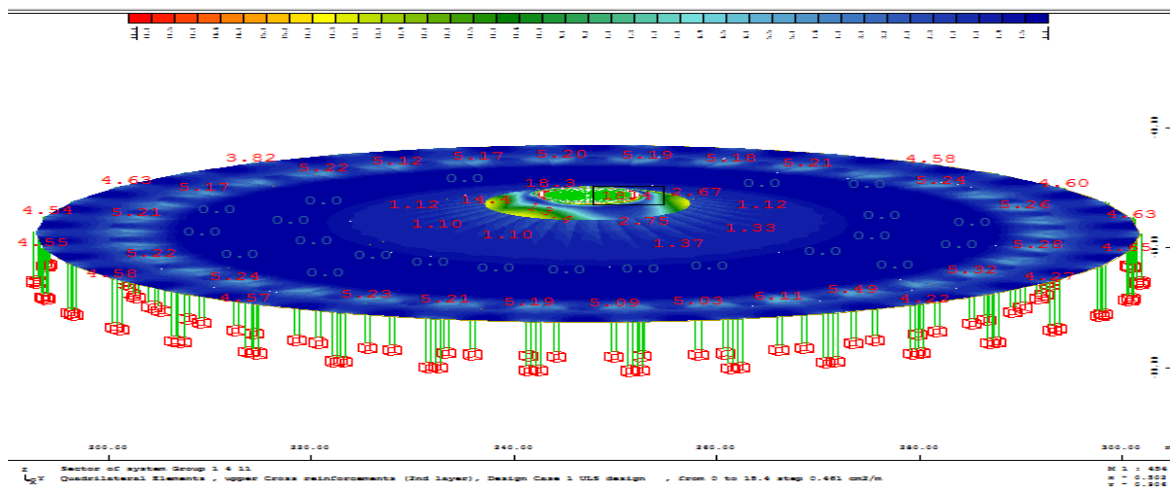


Рис. 2.6. Верхнее поперечное армирование для покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

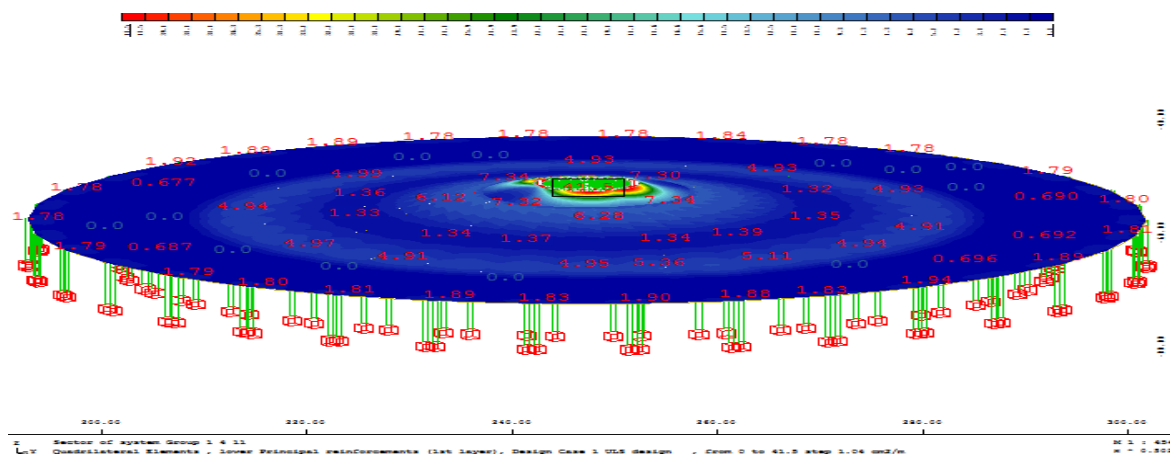


Рис. 2.7. Нижнее продольное армирование для покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

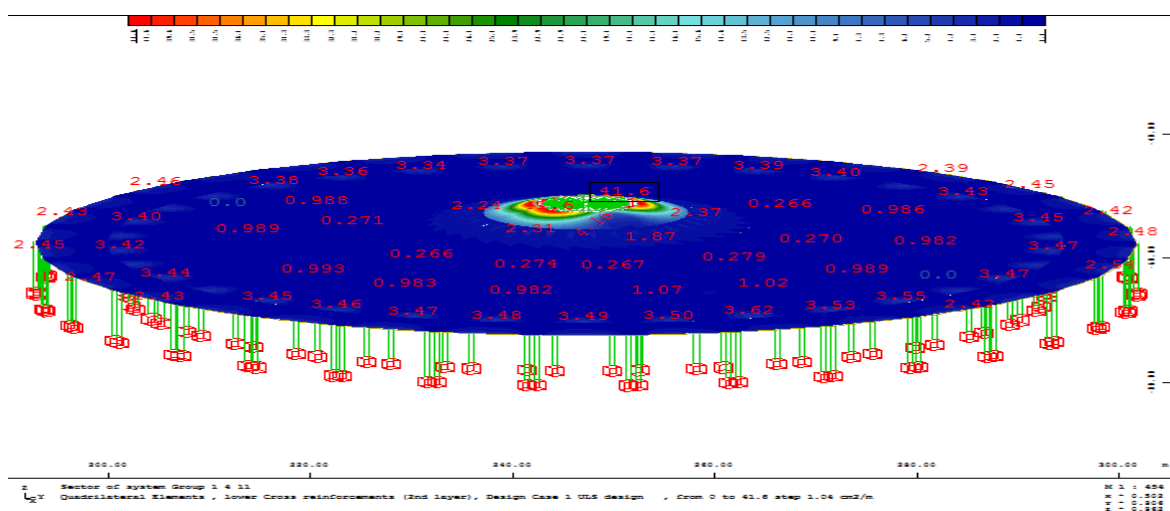


Рис. 2.8. Нижнее поперечное армирование для покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

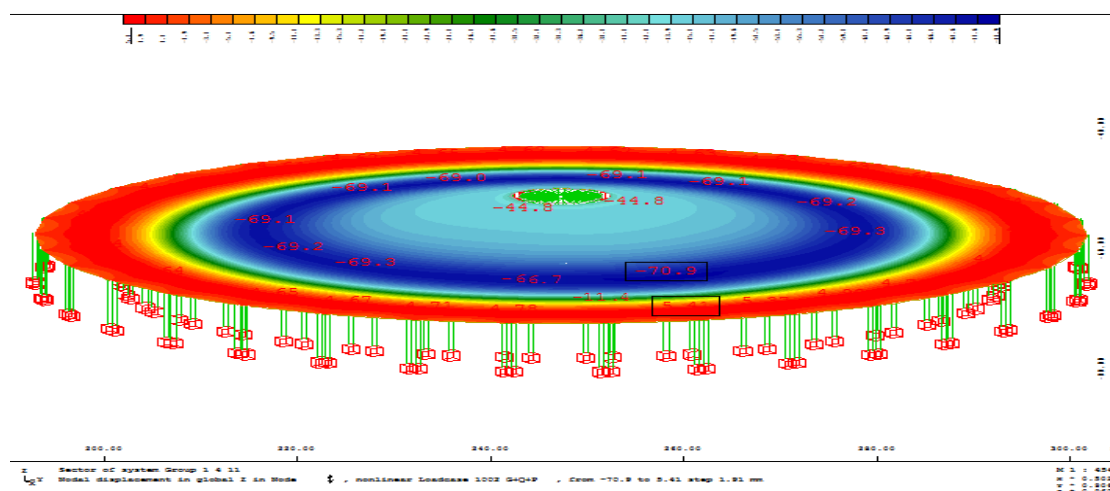


Рис. 3. Изополя прогибов покрытия, выполненного из легкого бетона класса В30

Таблица 1

Расчетные характеристики	Покрытие из тяжелого бетона	Покрытие из легкого бетона
Нормальное напряжение сжатию по оси X, МПа	1,11	0,392
Нормальное напряжение сжатию по оси Y, МПа	7,56	2,71
Нормальное напряжение растяжению по оси X, МПа	1,13	0,60
Нормальное напряжение растяжению по оси Y, МПа	0,86	0,81
Изополя изгибающего момента по оси X, кН/м	105,9	36,6
Изополя изгибающего момента по оси Y, кН/м	36,9	12,8
Верхнее продольное армирование см ² /м	20,8	6,96
Верхнее поперечное армирование см ² /м	4,16	1,37
Нижнее продольное армирование см ² /м	18,8	5,36
Нижнее поперечное армирование см ² /м	3,51	1,07
Изополя прогибов покрытия, мм	170,7	70,9
Процент армирования верхней продольной сетки, %	0,87	0,29
Процент армирования верхней поперечной сетки, %	0,17	0,05
Процент армирования нижней продольной сетки, %	0,78	0,22
Процент армирования нижней поперечной сетки, %	0,15	0,04

Таблица 2

Объем бетона		Расход арматуры, кг		Общая стоимость материалов, руб.		Стоимость 1 м ² покрытия, руб.	
Тяжелый бетон	Легкий бетона	Тяжелый бетон	Легкий бетона	Тяжелый бетон	Легкий бетона	Тяжелый бетон	Легкий бетона
353,43	353,43	52622	52318	353,43	353,43	52622	52318

Заключение

Результаты расчета показали существенные преимущества покрытия из легкого бетона:

— собственный вес покрытия, выполненного из легкого бетона, значительно меньше по сравнению с аналогичной конструкцией из тяжелого бетона;

– за счет меньших напряжений и изгибающих моментов в покрытиях из легкого бетона процент армирования панелей заметно ниже.

Список литературы

1. Картошина, С.В. Примеры проектирования железобетонных пространственных конструкций: учеб. пособие для вузов / С.В. Картошина. – М.: МАДИ, 2011. – 66 с.
2. СП 52-117-2008. Железобетонные пространственные конструкции покрытий и перекрытий. Методы расчета и конструирование. – М.: ОАО НИЦ «Строительство», с измен., 2010.
3. Ярошутин, Д.А. Расчет транспортных сооружений в SOFiSTiK. Ч. 1. Организация проекта SOFiSTiK Structural Desktop (SSD): учеб. пособие / Д.А. Ярошутин. – СПб.: СПбГАСУ, 2011.

References

1. Kartoshina S.V. *Primery proektirovaniya zhelezobetonnyh prostranstvennyh konstrukcij: ucheb. posobie dlja vuzov* (Examples of design of reinforced concrete spatial structures), Moscow, MADI, 2011, 66 p.
2. SP 52-117-2008. *Zhelezobetonnye prostranstvennye konstrukcii pokrytij i perekrytij. Metody rascheta i konstruirovanie* (Reinforced concrete spatial structures of roofs and ceilings. The methods of calculation and designing), Moscow, ОАО NIC «Stroitel'stvo», 2010.
3. Jaroshutin, D.A. *Raschet transportnyh sooruzhenij v SOFiSTiK. Vol. 1. Organizacija proekta SOFiSTiK Structural Desktop (SSD)* (The calculation of transport structures in SOFiSTiK. Part 1. Project organisation SOFiSTiK Structural Desktop (SSD)), Saint Petersburg, SPbGASU, 2011.