

перерабатывающих руды черных и цветных металлов / Л.А. Вайсберг, В.Ф. Баранов, А.В. Бортников // В сборнике трудов конференции Современные проблемы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья (Плаксинские чтения - 2005) Материалы Международного совещания. - 2005. – С. 9 - 11.

3. Баранов В.Ф. Обзор мировых достижений и проектов рудо подготовки новейших зарубежных фабрик / В. Ф. Баранов // Обогащение руд. - 2008. - № 1. – С. 3-12.

**УДК 624.012**

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ РАСЧЕТЫ ПОДВЕСНЫХ ВАНТОВО-БАЛОЧНЫХ СИСТЕМ**

*докторант Ш.М. ТУРАКУЛОВА*

*(Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет имени Мирзо Улугбека)*

**Аннотация.** В статье приводится методика компьютерного расчета подвесных вантово-балочных систем в программном комплексе ЛИРА САПР. На первом этапе выполняется линейный расчет с конструированием элементов. Второй этап – это основной расчет по скорректированным сечениям с учетом геометрической нелинейности и предварительного напряжения вант. Выполнен пример расчета консольно-балочной системы пролетом 36 м.

**Аннотация.** Maqolada Lira SAPR dasturiy ta'minot kompleksidagi osma vantli-tusinli tizimlarni kompyuter yordamida hisoblash metodologiyasi keltirilgan. Birinchi bosqichda elementlarning dizayni bilan chiziqli hisoblash amalga oshiriladi. Ikkinchi bosqich-bu vantlarning geometrik nochiqililigi va dastlabki kuchlanishini hisobga olgan holda tuzatilgan bo'limlar bo'yicha asosiy hisoblash. Konsol-tusin tizimini 36 metr masofada hisoblash misoli bajarilgan.

**Annotation.** The article presents a method of computer calculation of suspended cable-girder systems in the LIRA CAD software package. At the first stage, a linear calculation is performed with the construction of elements. The second stage is the main calculation based on the corrected cross sections, considering the geometric nonlinearity and the prestress of the shrouds. An example of the calculation of a cantilever-beam system with a span of 36 m is performed.

Вантово-балочные конструкции называют также комбинированными – они состоят из жестких пролетных элементов, усиленных гибкими вантами. Наиболее распространены подвесные системы, в которых пролетная балка жесткости подвешена к внешним вантам, закрепленным на стойках или пилонах выше уровня крыши.

В таких системах высота пролетной конструкции значительно меньше, чем в обычных балках или фермах, а жесткость всей конструкции значительно больше, чем в чисто висячих конструкциях. Они могут применяться в покрытиях зданий (чаще всего производственных) или мостах [1].

Расчет комбинированных конструкций удобнее всего производить в ПК ЛИРА САПР [2]. Методика таких расчетов на основе конечно-элементного моделирования и с учетом геометрической нелинейности показана в [3].

Рассмотрим вантово-балочную конструкцию из примера 1 в [3]. Пролет конструкции равен 36 м, узлы крепления вант (подвесок) расположены на расстоянии  $36/5 = 7,2$  м. Консоли балок имеют длину 6 м, высота колонн до балок жесткости равна 8 м, а выше балок – 6 м (рис. 1).

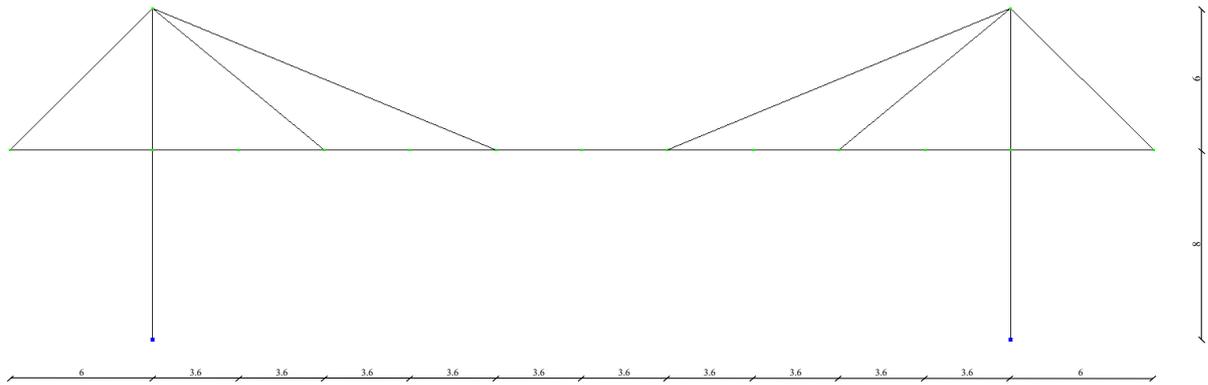


Рис. 1. Общая схема вантово-балочной конструкции

Примем балку из прокатного широкополочного двутавра 80ШС1, а ванты из стального каната одинарной свивки ТК1х37 диаметром 20 мм с площадью сечения  $A = 2,287 \text{ см}^2$  и модулем упругости  $E = 167000 \text{ МПа}$ . Колонны приняты из прокатных колонных двутавров 40К8.

Нагрузки от веса покрытия и снега будут приложены к балкам. Их значения равны: постоянная равномерно-распределенная нагрузка  $1 \text{ кН/м}^2$  и снеговая нагрузка  $0,7 \text{ кН/м}^2$ . При шаге конструкций 6 м погонные нагрузки будут равны соответственно  $6 \text{ кН/м}$  и  $4,2 \text{ кН/м}$ . При этом постоянная нагрузка будет загружением 1, снеговая нагрузка по всему пролету – загружением 2, и снеговая нагрузка на половине пролета – загружением 3.

Этап 1 – линейный расчет.

В приложении «ЛИРА САПР 2022» создадим файл задачи со 2-ым признаком системы (плоская рама), введем схему конструкции, связи, жесткости и нагрузки. Для элементов балки и колонн примем конечные элементы КЭ-2 (плоская рама), а для вант – конечные элементы КЭ-1 (плоская ферма).

Введем параметры РСУ. Для конструирования элементов системы введем параметры стального расчета, объединим все элементы балки в конструктивный элемент КБ1, а элементы колонн – в конструктивный элемент КК2. Далее выполним линейный расчет и перейдем к анализу результатов.

Подобраны следующие сечения элементов: для балки – широкополочный двутавр 90ШС1, для колонн – колонный двутавр 40К5, а для вант – стальной канат диаметром 15,5 мм. Как видно из этих результатов, подобранные сечения близки к принятым.

Рассмотрим перемещения системы. На рис. 2 показана деформированная схема конструкции от загрузки 1 (постоянная нагрузка). Деформированная схема конструкции от загрузки 2 (снеговая нагрузка на всем пролете) идентична.

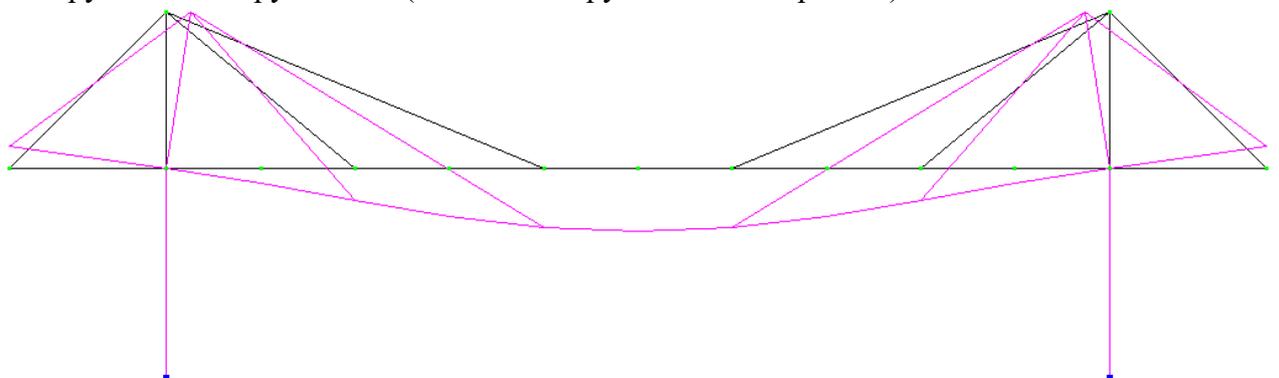


Рис. 2. Деформированная схема конструкции от нелинейного нагружения 2

Суммарный прогиб в середине пролета от нормативных нагрузок будет равен

$$f_l = 13,15/1,1 + 9,2/1,4 = 11,96 + 6,57 = 18,53 \text{ см} = L/198.$$

Прогиб балки в целом не удовлетворяет требованиям жесткости, хотя местные прогибы на участках между узлами крепления вант невелики.

На концах консолей прогибы обращены вверх, но их значения невелики.

Что касается усилий, то в вантах, ближайших к колоннам, они растягивающие и достаточно большие. Однако в средних вантах усилия близки к нулю, то есть они не работают, чем и объясняются большие прогибы балки. Поэтому вантам следует придать предварительное напряжение, но для этого потребуется нелинейный расчет.

Этап 2 – расчет с учетом геометрической нелинейности.

Файл задачи сохраним под другим именем и внесем следующие изменения в расчетную модель:

1. Для все вант изменим тип конечного элемента на КЭ-308 (геометрически нелинейный элемент предварительного напряжения);
2. В загрузении 1 зададим для пролетных вант величину предварительного напряжения равной 50 кН; ванты, к которым подвешены консоли, не напрягаем.
3. Удалим таблицу РСУ.
4. Заполним таблицу историй нелинейных загрузений.
5. Зададим подбор сечений элементов по усилиям.

При этом зададим следующие истории загрузений:

1. Загружение 1 (постоянная нагрузка);
2. Загружения 1 (постоянная нагрузка) и 2 (снег на всем пролете);
3. Загружения 1 (постоянная нагрузка) и 3 (снег на половине пролете).

Выполним расчет и обратимся к его результатам. Подобраны следующие сечения элементов: для балки – широкополочный двутавр 80ШС1, для колонн – колонный двутавр 30К16, а для вант – стальной канат диаметром 15,5 мм. Как видно из этих результатов, сечение балки несколько уменьшилось, а сечение вант не изменилось.

Усилия в вантах от всех загрузений положительные, что обеспечивает их работоспособность.

Рассмотрим далее перемещения системы. Прогиб середины балки от постоянной нагрузки (история 1) равен 11,95 см (13,15 см при линейном расчете), а прогиб истории 2 равен 20,85 см (при линейном расчете  $13,15 + 9,2 = 22,35$  см). Уменьшение прогиба составляет 7,2%.

Здесь можно также отметить, что прогиб от постоянной нагрузки можно полностью или частично компенсировать строительным подъемом при изготовлении конструкций. Дополнительный прогиб от нормативной снеговой нагрузки будет равен

$$f_l = (20,85 - 11,95)/1,4 = 6,36 \text{ см} = L/566.$$

Такая жесткость пролетного строения вполне достаточна.

#### Вывод.

Расчет подвесных вантово-балочных систем можно вначале выполнять в линейной постановке, подбирая сечения элементов по РСУ. Далее следует выполнить расчет по скорректированным сечениям с учетом геометрической нелинейности и предварительного напряжения вант. При этом подбор сечений нужно выполнять по усилиям от отдельных историй загрузений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Металлические конструкции. Специальный курс. – Учебник для ВУЗов под ред. Беленя Е.И. /М.: Стройиздат, 1991. – 687 с.
2. ПК ЛИРА САПР 2022. Руководство пользователя. – Под. ред. Городецкого А.С. /М., 2017. – 535 с.

3. Фридман Г.С., Туракулова Ш.М. «Расчет подвесных вантово-балочных систем в ПК ЛИРА» / Проблемы архитектуры и строительства (научно-технический журнал). Самарканд, 2022, № 4. – 6 с.

УДК 725.945

## КАЛОН МАСЖИДИ ГУМБАЗИНИ ЛИРА СОФТ ДАСТУРИДА МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА ҲИСОБЛАШ

Ходжаева Зулфия Шухратовна (ТАҚУ),  
Танбаев Мийрибай (ТАҚУ) докторант,  
Сабитова Ирода (ТАҚУ) талаба

**АННОТАЦИЯ.** Ўзбекистон дунё халқлари орасида ўзининг бой тарихий маданий меъроси, меъморий обидалари, ёдгорликлари билан шуҳрат қозонган. Барпо этилган меъморий обидалар халқимизнинг ўтмиши, тарихи, илм-фан тараққиёти ва маданияти ривожини ақс этувчи маъданий меърос ҳисобланади. Ушбу меъморий обидаларни конструктив ечимлари, фойдаланилган ашёлар, бўёқлар, қоришмалар таркиби, ғишт пишириши ва терим усуллари, безакларни сирлаш жараёни, сейсмик кучлар таъсирини ҳисобга олган ҳолда бино ва иншоотларнинг конструктив ечимлари танланган. Ушбу масалаларни тўлиқ ўрганиш, компьютер дастурлари орқали ҳисоб ишларини амалга ошириши муҳим вазифа ҳисобланади. Ушбу мақолада Минораи Калон масжиди гумбазини Лира Софт дастурида моделлаштириши ва ҳисоблаш асослари ва хулосалар келтирилган

**АННОТАЦИЯ.** Узбекистан известен среди народов мира своим богатым культурным наследием, архитектурными памятниками и монументами. Мемориальные памятники являются культурным наследием народа Узбекистана, отражающий историю, развитие науки и культуру этого народа. Конструктивные решения этих архитектурных памятников, воздействия сейсмических сил, примененные материалы, краски, состав смесей, способы обжига и укладки кирпича, остаются недоконца изученными задачами. Изучение этих вопросов, выполнение расчетов с использованием компьютерных программ является важной задачей. В данной статье представлены модель купола мечети Минорай Калон, расчета в программе Лира Софт и сделаны выводы по расчетам.

**ANNOTATION.** Uzbekistan is known among the peoples of the world for its rich cultural heritage, architectural monuments and monuments. Memorial monuments are the cultural heritage of the people of Uzbekistan, reflecting the history, development of science and culture of this people. The constructive solutions of these architectural monuments, the impact of seismic forces, the materials used, the paints, the composition of mixtures, the methods of firing and laying bricks, remain incompletely studied tasks. The study of these issues, the performance of calculations using computer programs is an important task. This article presents a model of the dome of the Minorai Kalon mosque, calculations in the Lira Soft program and draws conclusions on the calculations.

**Калим сўз ва иборалар:** меъморий обида, юк кўтарувчи конструкция, обиданинг техник ҳолатини текшириши, статик ва динамик юклар таъсирига ҳисоблаш.

**Ключевые слова и словосочетания:** мемориальный памятник, несущая конструкция, обследование технического состояния памятника, расчет статических и динамических нагрузок.

**Key words and word combinations:** memorial monument, supporting structure, examination of the technical condition of the monument, calculation of static and dynamic loads.

Ўзбекистон ҳудудидаги тарихий-меъморий обидалар XX аср бошларида 40 мингдан ортиқ мавжуд бўлган. Ҳозирда уларнинг сони 7 мингга яқин. Жуда кўп тарихий-меъморий обидалар кўпгина сабабларга кўра йўқ бўлиб кетмоқда. Бунга асосий сабаб юк кўтарувчи конструкцияларнинг ҳизмат кўрсатиш муддатини тугаб бориши, сеймик, атмосфера ёғингарчилиги, техноген таъсирлар ва бошқа турли таъсирлар ҳисобланади.

Юртимиздаги обидаларнинг кўп қисми ЮНЕСКО томонидан бутун жаҳон