

Получена: 15.09.2017 г.

Приета: 22.11.2017 г.

БЪЛГАРСКИЯТ ПРИНОС В ПРЕДВАРИТЕЛНО НАПРЕГНАТИТЕ СТОМАНЕНИ КОНСТРУКЦИИ. ВИСЯЩИ КОНСТРУКЦИИ, ЧАСТ 1 – РЕАЛИЗАЦИИ

Т. Георгиев¹

Ключови думи: висящи конструкции, стоманени, предварително напрегане, реализации

РЕЗЮМЕ

Българският принос в предварително напрегнатите стоманени конструкции не е добре познат дори на специалистите. В увода на доклада са дадени данни за българските публикации за този вид конструкции.

Конкретно в този доклад е направен опит за обобщаване на постигнатото в областта на реализациите на висящи конструкции у нас и в чужбина, когато са дело на българи. В доклада не се разглеждат реализациите и проектите в областта на мостовото строителство, включително на пешеходни мостове. Не са разгледани и такива, които се класифицират като изцяло стоманобетонни предварително напрегнати конструкции. Не са разгледани и малките окачени козирки, и сградите с окачени етажи.

Обобщението показва, че у нас и в чужбина са построени 6 сгради с големи отвори, няколко козирки на стадиони и висяща черупка тип „шатра”, която е част от водна кула.

В доклада е приложен списък на наличните публикации за реализации на висящи конструкции, дело на български автори. За обектите, за които липсват публикации, настоящите редове донякъде запълват тази празнота.

¹ Тодор Георгиев, доц. д-р инж., кат. „Строителни конструкции”, ВСУ „Л. Каравелов”, ул. „Суходолска“ № 175, 1373 София, e-mail: georgiev.todor.d@gmail.com.

1. Въведение

Една от трудностите, с които е съпроводено изложението върху конструкциите, в които основните конструктивни елементи са въжета (или пръти) от стомани с висока или повишена якост, е терминологията. Много често тези конструкции се наричат само „висящи”, което се явява сборно понятие на висящи и вантови конструкции. Авторът си дава сметка, че каквато и терминология да избере, може да бъде упрекнат за точността ѝ. В този доклад понятието „висящи конструкции” е използвано както като сборно понятие (в заглавието), така и като частно понятие, както е дефинирано по-долу в това въведение.

В Еврокод 3-1-11 [1], за разглеждания вид конструкции се ползва терминът „конструкции с опънати елементи”. Въпросните въжета в този нормативен документ се наричат „ванти” и „главни кабели”. За понятието „ванта” не е дадена дефиниция.

Висящите конструкции са тези, при които основните конструктивни елементи работят или само на опън като гъвкави нишки, или на опън с огъване като корави нишки. Основният им конструктивен елемент са провесените стоманени въжета. Особеното е, че товарите са напречни на надлъжната ос на въжетата. Въжетата са окачени на опорни конструкции, които предават товарите към фундаментите. Опорните конструкции може да са изпълнени или изцяло от стоманобетон, или от стомана, или от подходяща комбинация от двата материала.

Вантовите конструкции са комбинация от ванти (почти праволинейни стоманени въжета) и корави елементи, окачени на вантите. На практика вантите нямат напречни товари, като изключим собственото им тегло, обледяването и вятъра. Опорните им конструкции представляват пилони и също могат да бъдат изцяло от стоманобетон или стомана, или да са изпълнени от двата материала.

Българските приноси може да се класифицират както следва:

- в реализацията на висящи конструкции;
- в създаването на нови конструктивни форми;
- в създаването на машини и съоръжения за предварително налягане;
- в теорията на висящите конструкции;
- в експерименталните изследвания – на модели на конструкциите и натурни (обектови) изпитвания на готови конструкции.

В настоящия доклад ще бъдат разгледани първия вид приноси.

За момента може да се каже, че:

- известните български публикации общо в областта на стоманените предварително налягани конструкции са не по-малко от 96, като в тази област са защитени 4 докторски дисертации;
- в областта на висящите конструкции българските публикации са не по-малко от 45. Защитени са 2 дисертации за научната степен „кандидат на техническите науки” – едната в България, другата в СССР;
- 11 публикации са посветени на темата на доклада – реализации в областта на висящите конструкции.

2. Реализации на висящи конструкции в България

Предварително наляганите стоманени конструкции изживяват най-бурния период в развитието си през 60-те и 70-те години на 20 век. За начало се приема проектирането и построяването на предварително налягани главни ферми на хангар за самолети край Брюксел по проект на проф. Манел.

В рамките на 8 години се провеждат 3 големи международни научни конференции, посветени изцяло на предварително напрегнатите стоманени конструкции. Първата конференция се провежда през 1963 г. в ГДР – гр. Дрезден с участници от 10 страни. Втората се провежда в Чехословакия през 1966 г. в гр. Тале с участници от 12 страни. На третата конференция, проведена в Ленинград през 1971 г., има участници от 17 страни. В нея участват и български автори.

Важни конференции по същата проблематика се провеждат и през 1972 год. в Амстредам (конгрес на IVBH) и във Варшава през 1974 год.

Провеждат се и научни форуми, посветени изцяло на висящите конструкции. В конференцията с название „Конструкции от гъвкави нишки“, проведена в Братислава през 1975 год., участват и двама българи с доклад [2].

Голям гласък на интереса към предварително напрегнатите стоманени конструкции дават няколко статии, публикувани в Чехословакия, в които е дадена библиография на публикации по темата, една от които съдържа 1600 заглавия.

Започва издаването на инструкции и стандарти за проектиране на стоманени предварително напрегнати конструкции: през 1963 в СССР, през 1969 год. в Чехословакия.

Какво е положението в България?

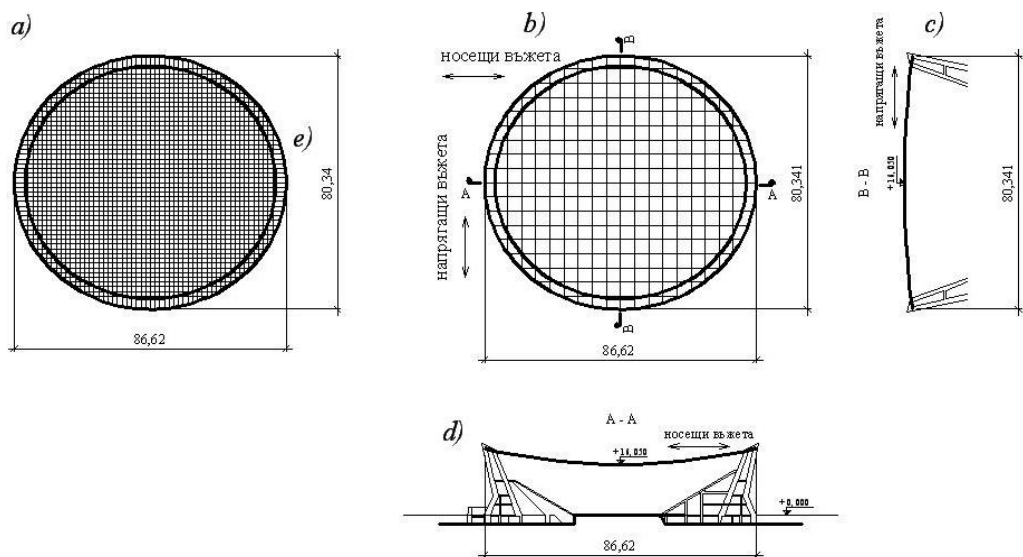
Системното изучаване на предварително напрегнатите конструкции у нас започва през 1958 година, когато в Научно-изследователския строителен институт (НИСИ) е създадена секция по предварително напрегнати конструкции. Задачата на новата секция е да извършва научни изследвания и да внедрява нови конструкции. По-долу ще се види, че в реализациите на висящи конструкции у нас почти винаги участват и сътрудници от тази секция. Секцията е оборудвана с модерна за времето си техника.

Освен това се създават и редица проекти на сгради с висящи покривни конструкции, които по някаква причина не са осъществени.

По данни на [3], **първата вантова конструкция** е реализирана в Пловдив през 1967. Това е панаирната палата на ГДР на международния мострен панаир. Автори на проекта са доц. арх. М. Матеев и инж. Л. Софкаров. Конструкторът е проектант от районната проектантска организация в Пловдив. Сградата съществува и в момента – това е т.нар. палата № 5 „Киров“. Сградата е правоъгълна в план и има покрита площ 6050 m². Пилоните са 12 – в 2 реда по 6 пилон. Покривната конструкция е окачена в 24 точки чрез ванти. За съжаление няма литературни данни за същността на конструкцията. Не е известно дали вантите са били напрегнати. Предстои проучване на подробностите относно този обект.

Втората реализация е дворецът на спорта и културата във Варна. Тази сграда е емблематична за нашата страна и за Варна. Ползва се и сега по проектното си предназначение. Тържествено е открита през месец септември 1968 година. Автор на архитектурния проект е арх. Ст. Колчев. Конструкцията на покрива е дело на инж. Дочо Дочев, инж. Васил Николов и инж. Ст. Червенков от НИСИ. Стоманобетонната конструкция е дело на местните проектанти инж. П. Милев, инж. Н. Никифоров и инж. Хр. Колев [3, 4 и 5].

Покривната конструкция представлява хиперболично-параболоидна мрежа върху елипсоидна основа с външни размери в план 86,62 × 80,34 m. (вж. фиг. 1). Формата се получава чрез ортогонална мрежа от носещи въжета по дългата страна на елипсата и напрегащи въжета по късата, закотвени в опорен пръстен. Разстоянията в план между две съседни въжета и в двете направления е 1,5 m. Опорният стоманобетонен пръстен на въжетата има сечение 3,4 × 0,8 m. Той е пространствен (очертан е по повърхнината на хиперболичен парабоид) и е елиптичен в план. Пръстенът стъпва на 30 бр. радиално разположени стоманобетонни рамки.



Фиг. 1. Дворец на спорта и културата във Варна

a) план на покривната конструкция в реални пропорции; b) план на покривната конструкция – принципно; c) разрез В–В: вижда се главното напрягащо въже; d) разрез А-А: вижда се главното носещо въже

В „експлоатационно” състояние главното носещо въже (в средата) има подпорно разстояние 80 m и стрелка 5 m. В същото състояние главното напрягащо въже има подпорно разстояние 73,5 m и стрелка 2,5 m. Типът и на двата вида въжета е ТК 7×19, Ф 39. Те са поцинковани за „средни” условия на работа. В местата на кръстосване двата вида въжета са неподвижно хванати едно към друго чрез устройства, наречени „кламфи”. Върху мрежата стъпва профилирана ламарина 100 × 30 × 1,2 mm. С цел защита от корозия ламарината има покритие от епоксидна смола. Захваната е към въжетата чрез поцинковани куки. Върху ламарината са поставени топлоизолация и хидроизолация.

Закотвянето на въжетата става от външната страна на опорния пръстен. За целта въжетата преминават през пръстена с помощта на каналобразуващи тръби с вътрешен диаметър Ø132 mm. От фиг. 1 се вижда, че всяко въже влиза в пръстена под различен ъгъл. За по-точно заемане на проектното им положение, от вътрешната страна на пръстена е предвидена възможност за центриране на въжетата чрез центриращи шайби. Чрез тези шайби и чрез напрягане се цели всички допирни точки на въжетата да лежат в повърхността на хиперболичния параболоид [5].

Покривната конструкция е изчислена за следните товарни състояния:

- собствено тегло на въжетата + предварително напрягане;
- собствено тегло на покритието (конструкция + изолации + инсталации);
- натоварване от сняг;
- натоварване от вятър.

Въжетата работят като еластични нишки. Изключение правят въжетата с много малки стрелки, които работят като предварително напрегнати струни. Такива са: от носещите въжета – разположените в най-ниските точки на повърхнината, а от напрягащите въжета – тези които са разположени в най-високите точки на повърхнината.

Сложна е работата и на опорния пръстен. При мрежа, натоварена с експлоатационен товар $0,7 \text{ kN/m}^2$ (това е „експлоатационното състояние“) в равнината на хоризонталната си проекция пръстенът не е подложен на огъване. В стадия на налягане и при натоварване на висящата мрежа с външни товари, в пръстена има и огъващи моменти.

При изчислението на опорния пръстен е отчетена съвместната му работа с радиалните рамки и с техните пръстеновидни етажни плочи. Има устни сведения, че за решаването на системите уравнения е ползван един от първите компютри, с които разполага България по това време.

За установяване на верността на приетите предпоставки при изчислението, в НИСИ е направено моделно изпитване на сложната конструкция на залата. Моделът е изготвен в мащаб 1:10.

Това уникално експериментално изследване ще бъде представено във втората част на настоящата разработка.

Монтажът и налягането на висящата мрежа са изпълнени за 35 дни. Първо са монтирани носещите въжета, които са отдолу, а след това налягащите. Самото налягане е извършено чрез 4 налягателни преси тип „Леоба“ с мощност 350 kN, на 5 етапа. В първия етап е реализирана 10% от крайната стойност на налягащата сила, във втория се достига до 25 %, в третия – до 50%, в четвъртия – до 75 % и в петия етап – до 100%.

Окончателното закотвяне на въжетата става при достигане на стойностите на налягащите сили, получени при моделното изследване.

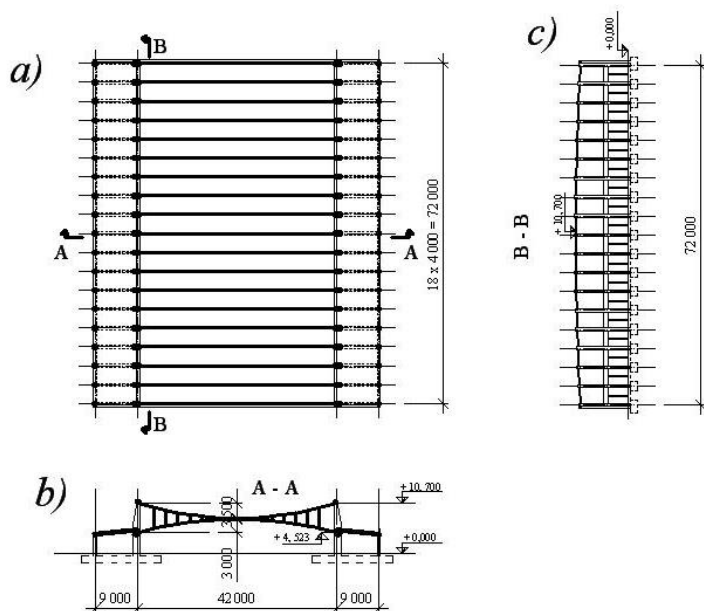
Свързването на въжетата в пресечните им точки чрез „клямфи“ е извършено без скеле, с помощта на подвижни платформи, монтирани и придвижвани по налягащите въжета (които са отгоре). По специална схема е монтирана и профилираната ламарина.

Третата реализация е националният театър в Лагос, Нигерия [5]. Той е построен от „Техноекспортстрой“, по леко модифицирания проект на двореца на спорта и културата във Варна. В конструктивния екип е включен и инж. Ст. Иванов, а проектът е приведен в съответствие с нигерийските изисквания за работа на конструкцията при местните тропически условия и особености на местните натоварвания от вятър и дъждовни води. Конструкцията принципно остава същата, но носещите и налягащите въжета са променени с такива със спирална конструкция, тип “Monostrand” 1×57 , $\Phi 41,4$, диаметърът на теловете е $\Phi 4,7 \text{ mm}$, теловете са от стомана St140/160 с цинково покритие. Въжетата са доставени от Франция. Разлика има и в профилираната трапецовидна ламарина. Тя е поцинкована. Променени са и топло- и хидроизолацията.

Четвъртата реализация е предварително наляганата висяща покривна конструкция на сервиз за автобуси в гр. Бургас [5 и 6]. Монтажните схеми на конструкцията са дадени на фиг. 2. Схемите са изготвени по горепосочените публикации с допълнения според снимковия материал в тях.

Опорната конструкция е проектирана от ведомствената на Министерството на транспорта и съобщенията проектантска организация „Транспроект“, а покривната конструкция – от инж. Дочо Дочев, инж. Васил Николов и инж. Ст. Иванов. Конструкцията на сградата се състои от 19 бр. триотворни рамки със стъпка 4 m и отвори $9 + 42 + 9 \text{ m}$. Ригелът на средния и най-голям отвор представлява висяща двуупоясна система с опънни вертикали по наложилата се вече терминология. Авторите на горепосочените публикации са я нарекли „висяща въжена ферма“. Този термин се среща и до днес в литературата. Горното въже (пояс) е носещо, а долното въже (пояс) – налягащо. В „експлоатационно“ състояние горният пояс има стрелка 3,5 m, а долният – 3 m. И двата пояса са очертани по квадратни параболи. Горният пояс има сечение – въже тип ТК 7×37 , $\Phi 38$, долният налягащ пояс – въже ТК 7×19 , $\Phi 27$. Въжетата са поцинковани. Вертикалните пръти са изготвени от Ст3, $\Phi 16$. Поставени са през разстояние 2,5 m. В средата на отвора

на висящата ферма долният и горният пояс са обединени чрез обща възлова плоча. Това свързване значително намалява деформациите на системата при несиметрични товари от вятър и сняг.



Фиг. 2. Сервиз за автобуси в гр. Бургас

a) монтажен план; b) напречен разрез А-А; c) надлъжен разрез В-В

Непосредствено върху горния пояс стъпва поцинкована вълнообразна ламарина, върху която са монтирани топло- и хидроизолациите.

За отвеждането на дъждовните води въжените ферми са с променливи коти на захващане към стоманобетонните колони, които очертават изпъкнала нагоре парабола. По този начин повърхнината на покрива е хиперболичен параболоид.

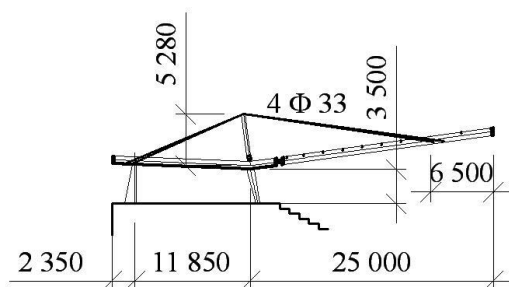
Въжетата преминават през колоните чрез каналобразуващи тръби и се закотвят от външната им страна. Чрез специални центриращи шайби точно се спазват проектите коти.

Преди монтажа на фермите е проведено натурно изпитване на една ферма. С това са проверени верността на изчисленията и е отработено налягането. Едва след обработката на резултатите от експеримента са монтирани останалите ферми. Чрез налягане на долния пояс са реализирани началните стрелки на поясите. Тези начални стрелки са уточнени при експеримента.

Предварителното налягане е осъществено двустранно за налягащото въже чрез напрегателни преси тип „Леоба” с мощност 350 kN, на 4 етапа.

Петата реализация е предварително напрегнатата висяща покривна конструкция на сервиз за автобуси в гр. Шумен [5 и 6]. В [6] е дадена информация, че подобен сервиз е изграден и във Варна. Най-вероятно е имало такива планове, но те са се променили. Конструкцията на Шуменския сервиз се отличава по стъпката на рамките, която е 12 метра. Фермите обаче са през 4 метра. Тези ферми, които не са равнините на рамките, се монтират към стоманобетонни надлъжни греди. Шуменският сервиз се стопанисва отлично и е в експлоатация и до днес.

Шестата реализация е [7] предварително напрегнатата вантова козирка на покритите трибуни на стадион „Берое“ в Стара Загора, завършена през 1974. Проектирана е от инж. Васил Николов, инж. Дочо Дочев и инж. Св. Петров. Напречен разрез на козирката е даден на фиг. 3. Тя е взaimствана от [7] с известно облекчаване от подробности.



Фиг. 3. Напречен разрез на козирката на стадион „Берое“ в Стара Загора

Козирката е монолитно – сглобяема, от стоманобетон и стомана. Състои се от монолитна стоманобетонна портална рамка и окачена конзолна част, която в долния си край е ставно стъпила на рамката чрез болтова става, а близо до горния си край е окачена на 4 бр. ванти – въжета $\varnothing 33$. Подобни рамки са проектирани през 4 m. Между монолитните стоманобетонни греди на окачената конзолна част са предвидени стоманени столици от горещовалцовани профили „I“ № 12 през 2 m. Предвидено е пространствено укрепване на окачената конзолна част. Реално окачената конзолна част има отвор 22 m, но заедно с късата конзола на монолитната рамка, зрително конзолата е дълга 25 m. Изрично е отбелязано, че това е най-дългата конзола в България по това време. Порталните рамки са обединени чрез монолитна стоманобетонна плоча. Това ги прави по-тежки, което е необходимо за закотвянето на вантите. За да има възможност удобно да се извършват напрегателните работи по вантите, ригелът на рамките е нарочно удебелен в зоната на напрегането до 55 cm. В останалата си част той има ширина 35 cm. Вантите преминават през ригелите чрез каналобразуващи тръби.

Пилонът над подпорната рамка е стоманобетонен, с чугунена шапка за преминаване на вантите над горния му край.

За по-младите читатели отбелязваме, че по време на строителството на козирката стоманата беше дефицитен материал и винаги трябваше да се предпочита стоманобетонът като основен конструктивен материал.

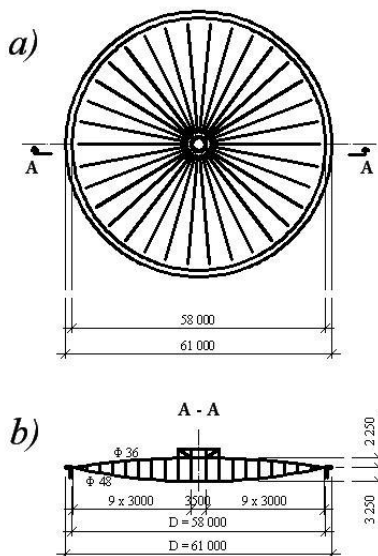
Вантите имат сечение 7×19 , $\varnothing 33$ по DIN 655. Те са с метален сърдечник, кръстата дясна свивка и са поцинковани за работа в тежки условия. Разрушаващото им усилие е 743 kN. Голяма част от дейностите по подготовката и монтажа на стоманените въжета е извършена от специалисти от НИСИ: силово калиброване, установяване на модула на еластичност. Самото напрегане на всяка ванта става на 3 етапа до достигане на проектната стойност на напрегащата сила от 150 kN. Напрегането на вантите се е извършило в последователност, предписана от авторите.

Силово калиброване е извършено от същите специалисти от НИСИ на един от стендовете за производство на предварително напрегнати стоманобетонни елементи в завода за строителни конструкции – ЗСК в Стара Загора. Силата, с която са калибровани въжетата, е била 450 kN и в това напрегнато състояние въжетата са останали в продължение на 45 минути. Така модулет на еластичност на въжетата е достигнал 155 000 МПа.

Накрая, чрез допълнително напрегане, е прецизирана котата на конзолното чело на козирката.

По-късно са построени и други вантови конструкции – козирки на стадиони.

Седмата реализация [8, 9 и 10] е предварително напрегнатата висяща покривна конструкция на спортната зала в Габрово, завършена през 1983 год. Тя е първата у нас предварително напрегната висяща въжена конструкция върху кръгла основа.



Фиг. 4. Предварително напрегната висяща покривна конструкция на спортната зала в Габрово

a) план на конструкцията; b) напречен разрез A - A

Проектанти на конструкцията са: инж. Дочо Дочев, инж. Стефан Иванов, инж. Васил Николов и инж. Е. Петров. Конструкцията е получила златен медал на есенния международен панаир в Пловдив.

Покривната конструкция се състои от 17 радиално разположени в план предварително напрегнати „въжени ферми” (вантови ферми, лещовидни ферми, двупоясна система с натиснати вертикали) с подпорно разстояние 57,5 m. Всяка ферма има долен пояс (носещо въже), горен пояс (напрягащо въже) и вертикали. Формата на основата изисква поясите да бъдат очертани по кубична парабола. В „експлоатационно” състояние горният пояс има стрелка 2,25 m, а долният – 3,25 m. Долният носещ пояс има сечение – въже тип ТК 7×19, Ø48, а горният пояс – въже тип ТК 7×19, Ø36. Разрушаващите усилия на въжетата са съответно 1180 kN за долния пояс и 664 kN за горния пояс. Въжетата са поцинковани за работа в средни условия. Вертикалните пръти са изготвени от безшевни горещовалцовани тръби Ø76×3,5 и са разположени през 3 m.

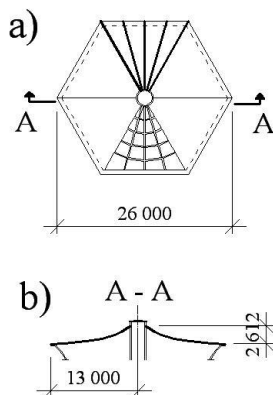
Конструкцията има външен стоманобетонен пръстен с диаметър 59,5 m и сечение 60×150 cm. Пръстенът лежи върху цилиндрична стоманобетонна стена с дебелина 35 cm. В центъра на кръга фермите са прекъснати от 2 централни стоманени пръстена с диаметър 3,5 m. Така на практика фермите се състоят от 2 полуферми всяка.

По двата пояса на фермите са монтирани концентрично разположени столици от студено огънати „U”-профили. Функцията на столиците по горните пояси е ограждаща, а на тези по долните пояси – да носят окачения таван и инсталациите.

Конструкцията е изчислена за следните товарни състояния:

- предварително налягане и собствено тегло на фермите;
- собствено тегло на покривната конструкция;
- собствено тегло на покривната конструкция + сняг;
- собствено тегло на покривната конструкция + вятър (вакуум);
- несиметрично натоварване от сняг;
- температурна промяна и съсъхване на бетона на външния пръстен;
- земетръс.

Осмата реализация е висяща, предварително наляганата черупка, носена от стоманени въжета. Тя представлява покрив на чашата на северната водна кула в Хасково. За тази конструкция няма публикувани материали, но авторът на този доклад е бил технически ръководител на обекта.



Фиг. 4. Предварително наляганата висяща черупка тип „шатра”

Черупката е проектирана от инж. Стефан Иванов, който е автор и на проекта на цялата водна кула. Чашата на кулата е сглобяемо-монолитна и първа по рода си. Представлява конструкция, състояща се от 6 монолитни хиперболично-параболоидни черупки на ромбоидна основа и още 6 сглобяеми черупки от същия вид, но със завъртяна на 60 градуса основа (вж. фиг. 4). Всяка една от съставните черупки е предварително наляганата чрез гресиранни стоманени кабели. За да се получи здрава връзка на 12-те черупки, се прилага допълнително предварително налягане с мощни снопове по 6 отсечки по горната периферия на чашата. Чашата има вместимост 1500 m³ и за времето на построяването си (1982 год.) е най-голямата на Балканския полуостров.

По този начин основата на шатровата черупка се получава правилен шестоъгълник, разположен в хоризонтална равнина. Той е разделен на 6 сектора от по 60 градуса. В центъра на шатрата се намира вертикална цилиндрична черупка с диаметър 2 m. Черупката е сравнително полегата, както се вижда от фиг. 4. На горната част на схема *a)* се виждат носещите въжета на еднопоясната черупка. Те са 25 за целия покрив. Всеки сегмент се покрива с 20 ребрести стоманобетонни панели с неправилна форма. С цел облекчаване на черупката панелите са изготвени от шистопорит бетон М300, изготвен на обекта. Дебелината на панелите е 3 или 4 cm. Армирани са със заварени скелети. Всяка панела има по 4 стоманени съединителни части, завършващи с кука за закачане към носещите въжета, които са усукани от 7 високоякостни струни.

Чрез предварително налягане на въжетата се постига желаната начална геометрия на шатрата. Следва замонолитване на радиалните и пръстеновидните фуги между панелите чрез бетон, приготвен с разширяващ се цимент. След набиране на якост на замонолитката се извършва окончателното налягане с цел стабилизация на черупката и предпазването ѝ от образуване на пукнатини. Накрая се изпълняват топло- и хидроизолациите.

Към реализациите трябва да се причисли и създадената у нас **мощна налягателна преса** тип НИСИ [11], която се използва за налягането на редица обекти у нас и в чужбина. Мощността ѝ е достатъчна, за да създаде в конструкцията налягаща сила от 3 MN. Може да наляга мощни снопове и позволява едновременно закотвяне на всички въжета на снопа.

Заклучение

Сравнението на българските реализации в областта на висящите конструкции с реализациите в тези страни от Източна Европа, които имат приблизително същото население, показва, че България заема една нелоша позиция.

ЛИТЕРАТУРА

1. Еврокодове, сборник № 3. Проектиране на сгради със стоманени конструкции. Издание на БИС, С., 2010.
2. *Малюк, А., Н. Драганов.* Некоторые вопросы проектирования висячих систем из одинарных вант и оболочек жесткости. Братислава, Международна конференция „Конструкции от гъвкави нишки“, сборник доклади, 1975, том 1.
3. *Младжов, Р.* Стоманените конструкции, по-бързо, по-високо, по-силно., С., Техника, 1979.
4. *Дочев, Д. и др.* Дворец на културата и спорта във Варна. С., // сп. „Строителство“, 1971, № 5.
5. *Дочев, Д., Ст. Иванов и В. Николов.* Предварително налягнати покривни пространствени конструкции. С., Техника, 1978, 202 с.
6. *Дочев, Д. и др.* Висящи покривни конструкции на сервиси за автобуси в Бургас, Шумен и Варна. С., // сп. „Строителство“, 1973, № 6.
7. *Николов, В., Д. Дочев и Св. Петров.* Козирка на покритите трибуни на стадион „Берое“ в Ст. Загора, С., // сп. „Строителство“, 1976, № 4-5.
8. *Дочев Д., Ст. Иванов, В. Николов и Е. Петров,* Предварително налягната висяща покривна конструкция на многофункционална зала в гр. Габрово. НИСИ, V научна сесия, том I, 1984.
9. *Дочев, Д., Ст. Иванов, В. Николов и Е. Петров,* Предварително налягната висяща покривна конструкция. С., // сп. Строителство, 1989, № 11.
10. *Младжов, Р.* Висящи конструкции. С., Техника, 1987, 156 с.
11. *Гешев, К. Г.* Машини и съоръжения за предварително налягнати конструкции. С., „Техника“, 1980.

THE BULGARIAN CONTRIBUTION IN THE FIELD OF PRESTRESSED STEEL STRUCTURES. SUSPENDED STRUCTURES, PART 1 – REALIZATIONS

T. Georgiev¹

Keywords: steel structures, suspended, prestressing, Bulgarian, contribution, realizations

ABSTRACT

The paper describes the Bulgarian contribution in the field of prestressed steel structures in general and in more detail in the field of suspended structures. Although considered to be "not typical", this class of structures are studied as special steel structures. They cannot be applied without prestressing. In Bulgaria we have significant contributions and we have a lot of applications.

The paper examines the available publications on realizations of the suspended structures by Bulgarian authors. Contributions in these publications are analyzed. Nine realizations in the field of suspended structures are described.

An exhaustive list of publications by Bulgarian authors on the subject is enclosed.

¹ Todor Georgiev, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. "Building Structures", University of Structural Engineering & Architecture (VSU) "Lyuben Karavelov", 175 Suhodolska St., Sofia 1373, e-mail: georgiev.todor.d@gmail.com