



Получена: 26.03.2021 г.

Приета: 31.03.2021 г.

НЯКОИ АСПЕКТИ НА АРХИТЕКТУРНАТА КОМПОЗИЦИЯ ПРИ ПОКРИТИЯ, РЕАЛИЗИРАНИ С МЕХАНИЧНО НАПРЕГНАТА ТЕКСТИЛНА МЕМБРАНА

Д. Косева-Ковачева¹

Ключови думи: покрития с текстилна мембрана, архитектурна композиция

РЕЗЮМЕ

Анализирани са архитектурно-композиционните проблеми, свързани с пространствено-конструктивната структура² [1] на покритията с механично напрегната текстилна мембрана. Проследени са конструктивните и пространствено-оформящите функции на техните архитектурно-конструктивни елементи, които са свързани с проявленията на тектониката.

1. Въведение

В настоящото изследване покритията с текстилна мембрана се разглеждат като архитектурни обекти, които имат еднопространствена композиция и се реализират чрез архитектурно-конструктивен елемент – покрив. Архитектурните пространства са най-често отворени, но могат да бъдат и затворени, което се осъществява с елементите на покривната конструкция. Покривът се изпълнява с мембрана от текстилен материал. Текстилната мембрана може да бъде главна или второстепенна част от носещата конструкция. Едновременно с това тя изпълнява функциите на водозащитна покривка.

¹ Десислава Косева-Ковачева, арх., кат. „Технология на архитектурата”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: ardekos@mail.bg

² Пространствено-конструктивна структура – общи принципи на организация на формата, изразяващи отношението между архитектурната конструкция и нейните елементи и свързаните с тях архитектурни пространства [1].

Покритията с текстилна мембрана са свързани с реализиране на защитни отворени покрития над пешеходни зони, паркинги, търговски площи, трибуни за зрители, открити сцени, археологически обекти и др. „Текстилни покриви“ се изпълняват при зални и ши-рокоплощни сгради с обществена функция – изложбени павилиони, терминали на лети-ща и железопътни гари, стадиони и спортни зали. *„Използването на мембраните като материал за сградна обвивка е една съвременна тенденция, която благодарение на неп-рекъснатото развитие на производствените и строителни технологии става все по-често срещано изразно средство за една нова естетика на сградите“* [2]. Покритията с текстилна мембрана имат специфична пространствено-конструктивна структура. Фор-мообразуващите принципи са съвсем различни от тези на архитектурните форми в тра-диционното строителство. Геометрията на повърхнината на мембраната трябва да осигурява равновесното състояние на опънните усилия в нея. Формата следва естествения поток на силите – рационален принцип на организация на материята в природата. При-лагането на този принцип прави съоръженията много леки и ефективни. Освен рацио-налност, архитектурната форма, материализирана с тънкостенна обвивка от текстилен материал, има големи композиционни възможности. Тя притежава пластични качества като специфични повърхнинни форми и преливащи вътрешни пространства. Това налага да бъде направен отделен анализ на взаимодействието между инженерно-конструктив-ните изисквания и архитектурно-композиционните принципи на организация на архи-тектурната форма, реализирана с текстилна мембрана.

2. Теоретична постановка

2.1. Обобщен структурен модел на архитектурната форма

Пораждането и функционирането на архитектурната форма се основава на взаи-модействието между архитектурно пространство и архитектурна конструкция. Архитек-турното пространство е *„...празнина, част от околното физическо пространство“*, кое-то е дефинирано чрез елементите на архитектурната конструкция [1]. Важна роля във взаимодействието на тези два компонента има архитектурната композиция: *„...всяка ар-хитектурна форма представлява система от свързани и изразени чрез архитектурна композиция архитектурно пространство и архитектурна конструкция“* [1]. Ролята на архитектурната композиция в този структурен модел се изразява в качеството на синтез между пространство и конструкция. Всяка архитектурна форма е система, чиято функ-ционална структура е архитектурната композиция¹. Като се следват определени органи-зационни принципи и йерархични връзки, чрез архитектурната композиция се организи-рат вътрешните пространства с техните утилитарни и естетико-художествени изисква-ния. Тази организация се осъществява чрез материалните елементи и те получават точно определени функции, които дефинират техните характеристики – като форма, размер, положение в пространството, физико-механични и естетически качества.

Средствата на архитектурната композиция могат да бъдат диференцирани в зави-симост от това, дали са основни за формообразуването или са допълнителни средства за постигане на естетически качества на архитектурната форма. Композиционните средства

¹ Възприемам структурния модел на архитектурната форма от монографията „Технологична тео-рия на архитектурата“ [1].

се разделят в три групи: основни композиционни средства, средства за хармонизация и допълнителни композиционни средства¹ [3].

Основните композиционни средства са свързани с организиране на пространствено-конструктивната структура, чрез която се удовлетворяват утилитарните и естетико-художествените изисквания. Към основните композиционни средства се причислява и тектониката, която тук се разглежда като специфична проява на архитектурната композиция, насочена към постигане на художествена изразителност на формата чрез подчертаване и изявяване на нейните основни и структуроопределящи елементи и принципи. *„Тектониката е свойството на архитектурната форма да се изразява художествено чрез своята структура“* [1].

Средствата за хармонизация регулират отношенията между архитектурните форми чрез контраст, нюанс, равенство, пропорции, единство и съподчинение, симетрия и асиметрия, насоченост, мащаб и мащабност, редуване, ритъм. **Допълнителните композиционни средства** са осветеност, цвят и фактура на повърхността на материалите и др.

Предмет на настоящото изследване са принципите на организация на пространствено-конструктивната структура на покритията с механично напрегната текстилна мембрана, за която значение имат основните архитектурно-композиционни средства и средствата за хармонизация. Ролята на допълнителните композиционни средства няма да бъде подробно разгледана.

2.2. Нива на структурност на архитектурната форма

Архитектурната форма е сложен синтез на функционално и естетико-художествено съдържание, което е материализирано чрез система от елементи. За анализ на тази сложна система е необходимо да се отделят различни нива на структурност. Този подход често се прилага в архитектурната теория, защото дава възможност всеобхватно да се проследят проявленията на различните характеристики на формата.

За настоящото изследване е възприет прилаган аналитичен модел, в който се отделят две основни йерархични нива на архитектурната форма – пространствено (структурно) ниво и елементно (детайлно) ниво² [4].

На пространствено ниво архитектурната форма се разглежда в нейната цялостност, тоест като една система. Структурата на тази система се състои от материя и пространство, които са композиционно детерминирани от техните функции. Тази пространствено-конструктивна структура се определя от основните архитектурно-конструктивни елементи (носещи и допълващи)³. Те формират вътрешните граници между отделните пространствени единици и външната обвивка на сградата. Пространствено-конструктивната структура зависи от формата на основните носещи и допълващи елементи, от начина на тяхната организация и от вида на връзките между тях.

Елементното ниво е по-ниско ниво в структурната йерархия на архитектурната форма, което може да се определи като *„нивото на собствена структурност на архитектурно-конструктивните елементи“* [5]. Архитектурно-конструктивните елементи, разглеждани сами по себе си, представляват системи от поделемента, които също имат

¹ Възприемам средствата на архитектурната композиция от „Въведение в архитектурното проектиране“ [3].

² Възприетият аналитичен модел на сградата е разработен в труда „Адаптиране на масивни сгради от края на XIX век до 20-те години на XX век“ [4].

³ Определенията за носещи и допълващи архитектурно-конструктивни елементи са възприети от монографията „Технологична теория на архитектурата“ [1].

своя структура. Всеки един отделен елемент има конструктивни, пространствени, утилитарни и естетически функции.

2.3. Компоненти на архитектурната форма

Архитектурата е изкуствена материално-пространствена среда, която задоволява конкретни потребности на обществото, свързани с различните човешки дейности. Полезността е присъщо качество на архитектурата, което се осъществява в две различни посоки на функционалност: утилитарна и естетико-художествена. Утилитарните функции като че ли са с приоритетно значение в съвременната архитектура. Това се налага от непрекъснато растящото им разнообразие и сложност в условията на бурно развиващата се индустриална технология. Но освен битовата полезност, архитектурата притежава и естетико-художествени качества, които я отличават от обикновените технически съоръжения. Архитектурата може да поражда духовно удовлетворение, да генерира послания и да внушава идеи. Тъй като няма архитектура без утилитарна функция, то естетическите качества винаги обективно са свързани с нея. От друга страна архитектурата е немислима без материалния компонент, който физически осъществява, ограничава и определя нейното същностно пространство.

За изследване на архитектурно-композиционните формообразуващи принципи при покритията, реализирани с текстилна мембрана, е необходимо да се изяснят възможностите за взаимодействие между конструктивните, утилитарните и естетико-художествените функции на архитектурната форма.

2.3.1. Характеристика на трите компонента на архитектурната форма

Триединният модел на архитектурата е формулиран още през I век от римския архитект и теоретик Витрувий като *utilitas, firmitas, venustas*. Архитектурната форма съдържа три основни взаимосвързани компонента: 1) утилитарен компонент – полза; 2) строително-конструктивен (сградостроителен) – трайност и 3) естетико-художествен компонент – красота. Поради спецификата на текстилните мембранни покрития тези компоненти не могат да бъдат анализирани поотделно чрез техните характеристики, а само чрез взаимната им обвързаност в общата пространствено-конструктивна структура.

В аналитичния модел на архитектурната форма могат да се проследят проявлението на трите основни компонента на пространствено (структурно) и елементно (детайлно) ниво както следва:

• Утилитарен компонент

На пространствено ниво се изразява в пространствената структура на сградата, разбираана като организация на архитектурните пространства. Това са функционалните пространствени единици с техните геометрични характеристики, взаимно разположение, взаимодействията и връзките между тях.

На елементно ниво утилитарният компонент се изразява в параметрите на средата за обитаване – микроклиматични, ергономични и т.н.

• Сградостроителен компонент

На пространствено ниво се изразява в пространствено-конструктивната структура, изградена от основните носещи и допълващи архитектурно-конструктивни елементи.

Тази структура се определя от вида и организацията на основните носещи архитектурно-конструктивни елементи¹ и от вида и местоположението на основните допълващи архитектурно-конструктивни елементи² и тяхната връзка с основната носеща конструкция.

На елементно ниво сградостроителният компонент се проявява в характеристиката на отделните основни носещи и допълващи елементи и системите на техните под-елементи. Това са собствената им структура, тяхната форма, размер, материалите им и ролята им в общата конструктивна структура на пространствено ниво.

Сградостроителният компонент и на двете разглеждани нива може да се изясни чрез понятията конструктивна структура, система и схема, отнесени както към елементите на основната носеща конструкция, така и към допълващите елементи³.

• Естетико-художествен компонент

На пространствено ниво естетико-художественият компонент включва художествената изява на външните и вътрешните обеми, която е постигната чрез композиционните средства.

На елементно ниво естетико-художественият компонент се разглежда като художествена характеристика на отделните елементи и значението им за композиционното решение на пространствено ниво.

2.3.2. Взаимодействия на трите компонента на архитектурната форма при покритията с механично напрегната текстилна мембрана

• Взаимодействие между сградостроителния и утилитарния компонент

Взаимодействието между тези два компонента **на структурно (пространствено) ниво** се изразява в съпадението на утилитарната пространствена структура със структурата на основната носеща конструкция. Поради отсъствието на основни допълващи архитектурно-конструктивни елементи, при повечето покрития функционално-пространствените единици се припокриват с модулите на основната носеща конструкция.

Взаимодействието между сградостроителния и утилитарния компонент **на елементно ниво** се осъществява чрез удовлетворяване на утилитарните изисквания на средата за обитаване, което е осигурено предимно с основните носещи елементи на покривната конструкция. Текстилната мембрана приема, разпределя и предава натоварванията, но едновременно с това огражда и изолира вътрешното пространство. Необходимите микроклиматични и ергономични параметри на средата се осигуряват чрез материала, формата, размера и местоположението на текстилната мембраната и на нейните опорни елементи.

¹ **Основни носещи архитектурно-конструктивни елементи** са тези, които са част от основната носеща конструкция на сградата и поемат най-големите силови натоварвания (колони, греди, носещи стени, подови и покривни конструкции и др.). За основните носещи архитектурно-конструктивни елементи конструктивните функции са присъщи и обединяващи за тяхната структура [1].

² **Основни допълващи архитектурно-конструктивни елементи** са елементите, които имат само пространствено-преграждаща функция (неносещи стени, витрини, прозорци, врати, парапети и др.). Тяхното основно предназначение е разделяне на пространството и съобразно тази функция е организирана структурата им [1].

³ Приемам по-разширено съдържание на понятието „пространствено-конструктивна структура“. Е. Малджиева го определя като параметри и организация на пространствата, обособени или очертани от елементите на носещата конструкция на сградата [4].

- **Взаимодействие между сградостроителния и естетико-художествения компонент**

При разглеждане на взаимодействието между тези два компонента при покритията с текстилна мембрана откриваме **на структурно ниво** припокриване на пространствено-композиционните с пространствено-конструктивните модули на основните носещи елементи. Конструктивните функции дефинират геометричната форма на мембраната и заедно със своя размер и местоположение тя създава границите и изцяло определя характеристиките на вътрешното (интериорно) и външното (екстериорно) пространство. Следователно има съвпадение между пространствената композиция и структурата на основната носеща конструкция. Естетическите качества на архитектурната форма при покритията с текстилна мембрана зависят от художествената изява на функциите на елементите на основната носеща конструкция.

На елементно ниво взаимодействието между сградостроителния и естетическо-художествения компонент се изразява в композиционното значение на структурата на отделните носещи конструктивни елементи, на техните материали и детайли, които могат да се използват като инструмент за създаване на художествени качества.

От анализа на взаимодействията между трите архитектурни компонента можем да направим следното обобщение:

Сградостроителният компонент при покритията с текстилна мембрана е определящ за другите два компонента: утилитарния и художествено-естетическия.

Функционално-композиционната структура и естетическите качества на архитектурната форма при тези съоръжения зависят от особеностите на своята строително-конструктивна система¹.

2.4. Пространствено-конструктивна структура и тектоника при покритията с текстилна мембрана

При покритията с текстилна мембрана пространствено-конструктивната структура се изгражда само от основните носещи архитектурно-конструктивни елементи. Както беше установено, удовлетворяването на утилитарните изисквания и художествено-естетическите качества на архитектурната форма се постигат чрез структурата на носещата конструкция.

Припокриването на утилитарно-функционалната структура със структурата на носещата конструкция от една страна, и възприетото определение за тектониката като свойство на формата, да се изявява художествено чрез своята структура, от друга, водят до следното заключение:

Тектониката е основно изразно средство на архитектурната композиция при покритията с текстилна мембрана.

Тектониката при текстилните мембранни покрития може да се изследва чрез структурно-функционален модел², който разглежда нейните проявления като художест-

¹ Строително-конструктивната система представлява конкретна конструктивна система с определен начин на изпълнение.

² Аналитичният модел е разработен в труда „Структурно-функционален модел на тектониката в архитектурата“ [5].

вена изява на конструктивните и пространствено-оформящите функции¹ [5] на основните архитектурно-конструктивни елементи на двете йерархични нива – пространствено и елементно ниво.

Функциите на архитектурно-конструктивните елементи са конструктивни, пространствено-оформящи, изолационни и естетически. Определящи за пространствено-конструктивната структура са само конструктивните и пространствено-оформящите функции. **Конструктивните функции** включват приемане, разпределение и предаване на товари и произтичащите от това пространствена устойчивост и деформации. **Пространствено-оформящите функция** се изразяват в оформянето на архитектурните пространства, първо чрез създаване на граници между тях, и второ чрез определяне на характеристики им – голямо или малко; високо или ниско; отворено или затворено, разделено или слято и т.н. Това оформяне на пространствата става чрез собствената пространственост на елементите, изразяваща се в тяхната геометрична форма, размер и в местоположението им в общата материална структура на сградата.

Проявленията на тектониката при съоръжения с текстилна мембрана може да се проследят в художествената изява на конструктивните и пространствено-оформящите функции на основните носещи архитектурно-конструктивни елементи.

Независимо от конструктивната определеност на обемно-пространственото решение при текстилните покрития, техните художествени качества могат да се постигнат чрез хармонизация между архитектурните форми, изразена в контраст, нюанс равенство, пропорции, единство и съподчинение, мащаб и мащабност, симетрия, асиметрия, редуване, насоченост и т.н.

При съоръженията, реализирани с текстилна мембрана, основните средства и средствата за хармонизация на архитектурната композиция могат да се прилагат спрямо пространствено-конструктивната структура на носещата конструкция и спрямо отделните нейни елементи винаги съгласно формообразуващите принципи, произтичащи от техните конструктивни функции.

3. Архитектурно-конструктивни елементи, техните функции и проявленията на тектониката при покритията с механично напрегната текстилна мембрана

Пространствено-конструктивната структура на всяка архитектурна форма се изгражда от основните архитектурно-конструктивни елементи. Това са основната носеща конструкция и нейните елементи (основни носещи архитектурно-конструктивни елементи) и всички елементи, чиято главна функция е пространствено-оформяща и не са част от основната носеща конструкция (основни допълващи архитектурно-конструктивни елементи).

¹ Възприемам функциите на архитектурно-конструктивните елементи от монографията „Технологична теория на архитектурата“ [1], които са доразвити в труда „Структурно –функционален модел на тектониката“ [5].

Пространствено-конструктивната структура на покритията с текстилна мембрана се осъществява само с основните носещи архитектурно-конструктивни елементи:

- 1) мембрана от/с текстилен материал, който е механично или пневматично напрегнат;
- 2) опорни елементи и конструкции.

Покритията с текстилна мембрана са архитектурни обекти със зални или широкоплощни пространства, които се реализират чрез архитектурно-конструктивния елемент покрив, който от своя страна е изпълнен от текстилна мембрана и опорни елементи.

Ролята на допълващите елементи в пространствено-конструктивната структура на покритията с текстилна мембрана е с малко значение за архитектурно-композиционното решение и няма да бъде анализирана в настоящата публикация.

Тъй като конструктивните и пространствено-оформящите функции на основните носещи архитектурно-конструктивни елементи са определящи за пространствено-конструктивната структура на архитектурната форма, реализирана с текстилна мембрана, само те ще бъдат предмет на настоящото изследване.

Именно чрез художественото изявяване на тези две функции се проявява тектониката, която тук се разглежда като естетическа изява на конструктивната структура¹. При покритията с текстилна мембрана, тектониката е основно композиционно средство. Нейните проявления могат да бъдат проследени в художествено изявените конструктивни и пространствено-оформящи функции на текстилната мембрана и нейните опорни елементи.

3.1. Текстилна мембрана – конструктивни и пространствено-оформящи функции

Текстилната мембрана е напрегната тънкостенна повърхнина, реализирана със строителен текстил. Тя е основен носещ елемент, който изпълнява комплексно конструктивни, пространствено-оформящи и изолационни функции.

3.1.1. Конструктивни функции на текстилната мембрана

Конструктивните функции при текстилната мембрана ще бъдат разгледани на двете структурни нива: елементно и пространствено. Поради спецификата на текстилната мембрана като основен носещ архитектурно-конструктивен елемент, от който в повечето случаи зависи цялостната организация на системата на носещата конструкция, първо ще бъдат разгледани нейните конструктивни функции на елементно ниво.

- **Конструктивни функции на текстилната мембрана на детайлно (елементно) ниво**

Текстилните мембрани могат да поемат натоварвания само чрез опън, защото поради малката им дебелина $t = 1 - 2 \text{ mm}$ не притежават огъвна коравина [6]. Предвари-

¹ Разглеждам тектониката съгласно теоретичния модел, предложен в труда „Структурно-функционален модел на тектониката в архитектурата“ [5].

телното налягане на текстилния материал гарантира възникване само на опънни наляганя в мембраната и предотвратява възможността за поява на натиск и огъване. Налягането е най-ефективно при форми с двойна гаусова кривина. Строителните текстили имат ниска коравина на срязване, което позволява лесен разкрой [6]. Това дава възможност да се реализират повърхнини със сложна геометрия. Равнинните, предварително наляганати, мембрани се прилагат рядко, само при ограничени по площ покрития, защото при тях дори при малки натоварвания се появяват големи деформации и носещата конструкция бързо става нестабилна [7].

В зависимост от начина на налягане текстилните мембрани се разделят на две основни групи:

1. Мембрани с механично налягане, при които геометричната повърхнина е с отрицателна гаусова кривина (anticlastic surface);
2. Мембрани с пневматично налягане, при които повърхнината е с положителна гаусова кривина (sunclastic surface).

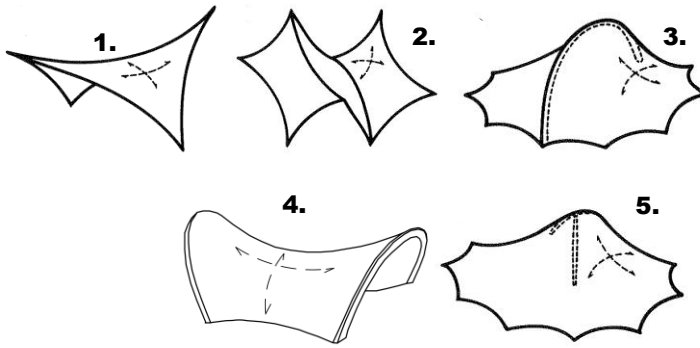
В практиката се срещат и съоръжения, изпълнени чрез двата принципа на налягане на текстилната мембрана. Това са комбинирани конструкции, при които някои носещи части са пневматично наляганати (тръбни надуваеми греди, колони, рамки или арки), а други са реализирани с механично налягане.

Предмет на настоящото изследване са покритията само от първия конструктивен тип – с механично наляганата текстилна мембрана.

При механично наляганатите мембранни покрития формата се моделира като седловидна или като ротационна шатровидна повърхнина. На базата на тези две геометрични повърхнини, чрез различни по вид опорни елементи, могат да се изведат пет основни форми: хипар с високи и ниски точки по периферията, вълнообразна форма, седловидна форма с централен опорен гръбнак, седловидна форма с успоредни опорни арки или рамки и конусовидна форма (фиг. 1) [8]. Повърхнината на мембраната може да бъде изпълнена от една базова форма, може да бъде комбинирана от няколко свързани базови форми или да бъде съставена от редуващи се модули.

Формообразуването е аналогично на това при висящите еднопоясни мрежести конструкции. Системата от носещи и стабилизиращи въжета, която изисква допълнителни оформящи елементи, при текстилните мембранни покрития е заменена с ефективна еднослойна структура, изпълняваща комплексно конструктивните и изолационните функции на покрива. Повърхнината при текстилните мембрани се реализира с тъкан, която се състои от основни нишки и вътък. Аналогично на действието на висящите мрежести конструкции, основните натоварвания се поемат от направлението на основните нишки, а отрицателните товари от нишките на вътъка на текстилния плат. В зависимост от това кои товари са по-големи, положителните (от сняг) или отрицателните (от вятър), се избира направлението на основните нишки, така че те да имат съответно конкавна или конвексна кривина [9].

Контурът на текстилната мембрана се оформя с усилване от гъвкави бордови елементи (колани, стоманени въжета) или от корави елементи (шини или профили). Чрез бордовите елементи мембраната предава натоварванията към точков опорен контур (пилони, мачти, ванти) или линеен опорен контур (греди, арки, рамки, пръстени).



Фиг. 1. Основни (базови) геометрични форми с двойна кривина при механично напрегната текстилна мембрана¹ [8]

1. *Хипар* (*hupar, four point sail*) – повърхнинна хиперболичен параболоид с две периферни високи и две ниски точки; 2. Вълнообразна форма (*ridge and valley*) – комбинирана хиперболична повърхнина, развита между успоредни носещи и стабилизиращи въжета с конвексна и конкавна кривина; 3. Седловидна форма с централен опорен гръбнак (*sadle, arch supported membrane*) – две хиперболични повърхнини с централна опорна арка или рамка; 4. Седловидна форма (*sadle, arch on edge membrane*) – хиперболична повърхнина с опорен контур от две крайни успоредни арки или рамки; 5. Конусовидна форма (*conic, high point membrane*) – ротационна повърхнина с централна висока точка

Текстилната мембрана се характеризира с много **голяма деформируемост**. Тя реализира големи премествания под въздействието на външни товари. Това осигурява запазване на равновесното ѝ състояние чрез преразпределяне на товара и „нагаждане“ на конструктивната форма към външното въздействие, без да се увеличават опънните напрежения в мембраната [6].

В композиционно отношение художествената изява на конструктивните функции на мембраната, свързани с приемането, разпределянето и предаването на товарите и нейната голямата деформируемост, създава основния тектоничен образ на архитектурната форма. При традиционните носещи конструкции деформациите са много малки и са невидими за човешкото око, докато в архитектурата на текстилните съоръжения те са ясно изразени чрез липсата на маса и гъвкавостта на текстилната тъкан. Динамичните форми на тънкостенните напрегнати черупки са художествен израз на статическите им принципи на действие. Естетическата изява на начина на приемане, разпределяне и предаване на товарите създава техния характерен живописен силует, който има определящо значение за архитектурната форма.

Пример за художествената изява на основните конструктивни формообразуващи принципи на мембраната и ролята на текстилния материал в архитектурния образ е покривната конструкция на летището в Денвър [7]. Покритието на новия терминал, със своите размери от 76 m/275 m, и досега остава един от най-впечатляващите примери за възможностите на „текстилната архитектура“. Решението на покривната конструкция е артистична интерпретация на планинските хребети на Rocky Mountains. Стръмните сканове не позволяват задържането на сняг по текстилната повърхност. Високите стълбове

¹ Добавям седловидна повърхнина с отворен опорен контур от арки (или рамки) към базовите форми на механично напрегната мембрана, които са дефинирани от основоположника на съвременните текстилни покрития Фрай Отго като хиперболична с периферни високи и ниски точки, вълнообразна, седловидна с опорни арки и конусообразна.

и вълнообразната форма на мембраната създават динамизъм и визуално „разбиват“ дългия фронт на сградата.

Едновременно с това, дифузната дневна светлина, проникваща през мембраната, допринася за успокояващата атмосфера на вътрешното пространство. Отвътре възприемането на покрива е дематериализирано, поради липсата на отчетливи конструктивни елементи. Равномерността, прозрачността и лекотата на текстилния материал засилват усещането за безтегловност на покритието.



Фиг. 2. Терминал на международното летище в Денвър, САЩ, 1994 г.

Проектанти: Arh: C. W. Fentress, J. H. Bradburn and Associates; Eng: Severud Associates.

Основната носеща конструкция на покритието е изпълнена от текстилна мембрана с вълнообразна форма. Източник: <https://www.denverpost.com/2017/06/28/denver-international-airport-airlines-renovation-security-plan/>, посетен на 09.05.2020 г.

Повърхнината на текстилната мембрана е вълнообразна с размери на модулите между опорите 18,30 m/45,75 m. Образувана е от седловидни части (панели), развити между редуващи се успоредни носещи и стабилизиращи въжета. Носещите въжета имат вдлъбнати очертания и поемат големите натоварвания от сняг. Те се поддържат от по две свободно стоящи вътрешни вертикални опори, изпълнени от кръгли стоманени тръби с височина 45,75 m. Носещите въжета са анкерирани пред опорните стълбове. Стабилизиращите въжета имат изпъкнали очертания и поемат натоварването от вятър. Текстилната мембрана е реализирана с тъкан от стъквени нишки с PTFE защитно покритие. Остъклената фасадна стена е изнесената пред опорните стълбове, така се избягва затварянето на излишен вътрешен обем. Поради големите деформации на покривната конструкция, връзката между носещите профили на фасадната стена и мембраната е решена с надуваеми тръбни елементи, в които налягането се контролира автоматично.

- **Конструктивни функции на текстилната мембрана на структурно (пространствено) ниво**

В зависимост от ролята на мембраната в покривната конструкция, пространствено-конструктивната структура на покритията с текстилна мембрана се разделя на два основни вида:

1) **Пространствено-конструктивна структура**, при която текстилната мембрана и опорните елементи са неразделни части от една система. При този тип конструкции текстилната мембрана има основна носеща функция и опорните елементи са нейна подсистема. Компрометирането на текстилната мембрана води до разрушаване на цялото съоръжение.

2) Пространствено-конструктивна структура, при която натоварванията се поемат от главна носеща конструкция, а текстилната мембрана е нейна подсистема. При тези съоръжения текстилната мембрана няма основна носеща функция и тя изпълнява ролята на водозащитна покривка.

Текстилните мембранни покрития от втория вид се прилагат при големи зални сгради и широкоплощни пространства, при които носещата конструкция не може да бъде изпълнена само от текстилен материал. Това са системи, състоящи се от главна покривна конструкция и текстилна мембрана, която има само ограждаща и изолираща функция. Основната покривна конструкция може да бъде линейна или пространствена¹ [10], чрез която не може да се създаде границата между вътрешното и външното архитектурно пространство. Линейните конструкции се реализират от система от пълностенни или решетъчни греди, рамки или арки. Пространствените могат да бъдат структурни плочи и черупки² [11] или висящи и вантови конструкции. Пространствено-конструктивната структура на този вид покрития се определя от главната носеща конструкция. Тя е доминираща част и нейните геометрични характеристики дефинират архитектурната форма на пространствено ниво. Текстилната мембрана се изпълнява съобразно своите формообразуващи принципи, от предварително напрегнати модули с двойна гаусова кривина, които са съобразени със структурата на основната носеща конструкция. Независимо от нейната второстепенна роля в покривната конструкция, на елементно ниво, със своите характеристики: форма, цвят, лекота и прозрачност, текстилната мембрана също има важно композиционно значение за външното и вътрешното архитектурно пространство.

3.1.2. Пространствено-оформящите функции на текстилната мембрана

Както беше разгледано, пространствено-оформящите функции на архитектурно-конструктивните елементи се изразяват в оформянето на архитектурните пространства чрез създаване на техните граници и чрез определяне на техните характеристики. Изявата на пространствено-разделящите и пространствено-определящите функции на текстилната мембрана също ще бъде разгледана на двете йерархични нива от структурата на архитектурната форма.

• Пространствено-оформящи функции на текстилната мембрана на детайлно (елементно) ниво

На това йерархично ниво пространствено-оформящите функции на текстилната мембрана се проявяват чрез въздействието на текстилния материал. Основни негови характеристики са прозрачността, гладкостта и белия цвят. Благодарение на светлопропускливостта на мембранното покритие архитектурното пространство силно се трансформира чрез дифузната светлина, която има важно композиционно значение в архитектурата на тези съоръжения. Прозрачността на текстилния материал позволява да се постигнат художествени качества чрез експресивно нощно осветление, което подчертава

¹ Възприемам класификацията на покривните конструкции над помещения с големи подпорни разстояния в зависимост от статическото им действие на две групи: плоскостни – линейни, работещи в една равнина, и пространствени, работещи в две и повече равнини [10].

² Структурни плочи и черупки е название за пространствена решетъчна конструкция, изградена от типови елементи чрез универсални възлови съединения. Определението е дадено от инж. Лъо Риколе, който за първи път реализира през 40-те години на XX в. пространствено-решетъчна конструкция от кръстосани ферми, съставени от къси дървени пръти [11].

пластиката на формата на покритието. Белият цвят е неутрален и може да има различно въздействие. Чрез него покритията могат да се открийт и излявят или дискретно да се впишат в контекста на средата. Белият цвят е универсален и създава спокойна атмосфера във вътрешното пространство, това позволява провеждането на разнообразни утилитарни функции.

- **Пространствено-оформящи функции на текстилната мембрана на структурно (пространствено) ниво**

На пространствено ниво архитектурната форма ще бъде разгледана в нейната цялост, тоест спрямо нейния външен контур. При покритията с текстилна мембрана външната обвивка се създава от мембраната, която, освен конструктивна, има и пространствено-разделяща функция. Изявата на пространствено-разделящата функция е силно повлияна от прозрачността на текстилния материал. Възприемането на границата вън-вътре е размито от дифузната светлина, която прониква от покритието. Това редуцира значението на пространствено-разделящата и засилва ролята на пространствено-определящата функция на текстилната мембрана в композиционно отношение на пространствено ниво.

Поради характера на вътрешното пространство при този тип съоръжения, външната граница на архитектурната форма се възприема цялостно както отвън, така и отвътре и пространствено-оформящите функции на мембраната спрямо екстериора и интериора на покритията са еднакво силно изявиени.

В случаите, когато **текстилната мембраната е главна част** от системата на носещата покривна конструкция, нейната пространствено-определяща функция е основна за архитектурната композиция. Повърхнината на мембраната е художествена изява на постигнатото статическо равновесие. Нейната геометрия има определяща роля за архитектурната форма на пространствено ниво. Въздействието на свободните криви линии на покритията е много силно, благодарение на това, че техните органични форми наподобяват формите, създадени от природата.

В решенията, при които **текстилната мембрана е второстепенна носеща част**, пространствено-определящата функция на пространствено ниво се изпълнява от главната носеща конструкция. Главната носеща конструкция винаги е изградена от линейни елементи, независимо дали нейната обобщена геометрична форма е линейна или повърхнинна. Чрез текстилния материал се реализира границата на архитектурното пространство, но въпреки това мембраната няма толкова силно изявена пространствено-определяща функция, както когато има основна носеща функция. Когато има второстепенна роля, тя само създава прозрачен неутрален фон, на който се експонират и подчертават структурните особености и елементите на главната носеща конструкция.

Пример за художествено взаимодействие между пространствено-разделящата функция на текстилната мембрана и пространствено-определящата функция на главната носеща конструкция е спортната зала **Odate Jukai Dome Park, Jappan** [12]. При това покритие главната носеща конструкция е изпълнена от структурна черупка, а текстилната мембрана е второстепенна част, която представлява водозащитна покривка. Залата е предвидена за бейзбол. Формата на покритието е яйцевидна с размери на основните оси 178 m и 157 m. Обемно-пространственото решение е съобразено с функционалните изисквания и с климатичните особености на района. Формата е аеродинамична и е ориентирана спрямо преобладаващите ветрове.

Главната носеща конструкция представлява двупоясна пространствена мрежа с модул около 6 m, която се състои от успоредни решетъчни арки, развити в направление на дългата ос и еднопоясни дървени греди по късата. Решетъчните арки имат височини на 3 – 5 m и са изпълнени с пояси от дървени профили и стоманени диагонали (фиг. 3).



Фиг. 3. Спортната зала за бейзбол, Odate Jukai Dome Park, Jappan, 1997 г.
Проектанти: Toyo Ito & Associates Architects, Taneka Corporation. Главна носеща конструкция от двупоясна мрежеста черупка от дървени и стоманени профили и двуслойна текстилна мембрана с вълнообразна форма. Източник: <http://www.proholz.at/architektur/detail/odate-jukai-dome-park/>, посетен на 12.04.2019 г.

Мембраната е двуслойна и е реализирана с плат от стъклени нишки – Fiberglass с PTFE защитно покритие. Между двата слоя има пространство, което се затопля с въздух. Повърхнината ѝ е с вълнообразна форма (ridge and valley), така че се оформят улами в направлението на фермите от главната носеща конструкция. Това осигурява бързо отвеждане на снега от покритието. Вълнообразната повърхнина е постигната с напрегащи въжета. Художествената изява на пространствено-разделящата функция на мембраната има основна роля при възприемането на външния обем на спортното съоръжение. Сферичната форма е трансформирана от вълнообразната текстилна покривка и със своите светлосенки мембраната създава изявен напречен raster. Чрез текстилния материал се пропуска равномерна дифузна светлина, която подчертава структурните особености на главната носещата конструкция и засилва техните пространствено-определящи функции по отношение на интериора на покритието.

От направения анализ на конструктивните и пространствените функции на текстилната мембрана може да се изведе следното заключение:

Конструктивните функции на текстилната мембрана определят нейната геометрична форма. Архитектурно-композиционното решение на покритията трябва да бъде търсено въз основа на конструктивните формообразуващи принципи на мембраната.

Текстилната мембрана има основна пространствено-разделяща функция в архитектурната форма. Нейните пространствено-определящи функции могат да бъдат художествено изявени в различна степен, в зависимост от това дали тя е основна носеща част или второстепенна част на носещата конструкция.

3.2. Опорна система при покритията с механично напрегната текстилна мембрана – конструктивни и пространствени функции

Опорната и стабилизиращата система се състои от носещи архитектурно-конструктивни елементи, които осигуряват формата на текстилната мембрана, поемат и отвеждат хоризонталните сили към земната основа и осигуряват пространствената устойчивост на съоръжението. Както беше разгледано при основните (базови) форми на

мембраната, видът и местоположението на контурните и поддържащите елементи имат голямо значение за геометричните характеристики на текстилното покритие (фиг. 1).

Опорните и стабилизиращите елементи в зависимост от своята геометрия са:

- 1) Линеини опорни елементи** (стълбове, пилони, мачти, греди, носещи и анкерирани ванти, арки, рамки, опорни пръстени).
- 2) Равнинни опорни елементи** (система от рамки и арки, гредови скари или структурни плочи).
- 3) Повърнинни опорни елементи** (въжени мрежи, структурни черупки).

3.2.1. Конструктивни функции на опорните елементи

- **Конструктивни функции на опорните елементи на детайлно (елементно) ниво**

Въжета (кабели) са елементи, които работят на опън и отговарят на статическото понятие гъвкава нишка. Стълбове (пилони), мачти са вертикални или наклонени решетъчни или пълностенни елементи, които чрез натиск поемат опорните вертикални сили. Вантите са наклонени, опънати въжета между стълбове или мачти и между окачените чрез тях други части на носещата конструкция. Опорните пръстени са линеини елементи с кръгови или овални очертания, които поемат чрез натиск равномерните опънни хоризонтални усилия, а неравномерните, предизвикани от несиметрични натоварвания, чрез натискови и огъващи усилия. Анкерите са закотвящи устройства, чрез които висящите въжета и коравите елементи предават опънните сили на опорна конструкция или директно на фундаменти.

Гредовите скари, структурните плочи, структурните черупки и висящите и вантовите системи, системите от арки и рамки са опорни елементи, които представляват главна част от носещата покривна конструкция. Винаги при съоръженията с текстилна мембрана те са съставени от поделемента, които имат линейна геометрия.

Пространствената устойчивост на детайлно ниво зависи от геометрията на архитектурно-конструктивните елементи и от начина им на работа – на натиск, на опън или на огъване. Собствената неизменяемост на стълбовете, опорните арки и рамки, на опорните пръстени се осигурява от големината на напречното им сечение и от вида на тяхната структура (плътна или решетъчна). При стълбовете пространствената устойчивост често се осигурява чрез специализирани поделемента (анкерирани ванти). При повърнинните опорни елементи (въжени мрежи, структурни черупки), тази конструктивна функция се осигурява чрез собствената пространствено-геометричната форма. Конструктивната функция пространствена устойчивост на опорните елементи има много голям потенциал за художествена изява в архитектурно-композиционното решение на покритията с текстилна мембрана.

Пример за значението на художествено изразените конструктивни функции на опорните елементи е текстилното покритие на научно-изследователския център Schlumberger Cambridge Research Center [12].



Фиг. 3. Schlumberger Cambridge Research Center, UK, 1985 г.

Проектанти: Arh. Michael Hopkins and Partners; Eng. OVE Arup & Partners.

Покривната конструкция е решена от три седловидни модула, изпълнени с текстилна мембрана и опорна система от успоредни стоманени рамки и въжета, закачени чрез ванти към периферни мачти. Източник: <https://www.hopkins.co.uk/projects/5/13/>, посетен на 18.04.2019 г.

Основните вертикални елементи на опорната конструкция са осем решетъчни мачти, разположени по периферията. Мачтите са съставени от двойка кръгли стоманени тръби и са свързани две по две с напречни трипоясни ферми, така че да оформят четири рамки. Между рамките е изпълнен „текстилен покрив“ от две крайни мембрани и една средна. Всяка мембрана има по два усилващи кабела, чрез които се разделя на три седловидни части. Усилващите кабели са окачени чрез ванти към пилоните. Опорната конструкция е стабилизирана с надлъжни и напречни тръбни профили и анкерирани към терена въжета. Именно художествената изява на пространствената стабилизация на елементите от опорната конструкция е тектонична доминанта в композиционното архитектурно решение на сградата.

- **Конструктивни функции на опорните елементи на структурно (пространствено) ниво**

На пространствено ниво конструктивните функции могат да се разглеждат в три аспекта: начин на приемане, разпределяне и предаване на товари, вид на деформациите и осигуряване на пространствена устойчивост на системата на носещата конструкция, разглеждана като едно цяло. Първата група функции зависи от вида на опорния контур на мембраната (точков, линеен или смесен), а другите се определят от ролята на опорната система в общата система на носещата конструкция (главна или второстепенна). Тези проблеми най-ясно могат да се разгледат чрез изясняване на вертикалните и хоризонталните конструктивни схеми.

Хоризонталните конструктивни схеми проследяват начина на предаване на товарите от текстилната мембрана към елементите от опорната конструкция. Видът на хоризонталните конструктивни схеми се определя от опорния контур на мембраната. Опорните елементи: пилони (стълбове), мачти, окачващи и анкерирани ванти осигуряват **точково поемане** на натоварванията от мембрана, а пръстени, рамки и дъги реализират **корав опорен контур с праволинейна или криволинейна геометрия**.

Вертикалните конструктивни схеми изясняват „пътя на появилите се сили от различните видове товари в конструкциите и тяхното предаване в терена“ [10]. Вертикалните конструктивни схеми, освен пътя на силовия поток до земната основа, изясняват йерархията и последователността на приемане и предаване на товари в основната носеща конструкция от мембраната към нейните опорни елементи.

Вертикалните и хоризонталните конструктивни схеми при покритията с текстилна мембрана могат да изяснят провеждането на конструктивните функции в носещата

конструкция, разглеждана в нейната цялост (на пространствено ниво) и произтичащите от това възможности за организация на пространствено-конструктивната структура при тези съоръжения. Поради големия обхват на тези проблеми, те няма да бъдат представени в настоящата публикация.

3.2.2. Пространствено-оформящи функции на опорните елементи

- **Пространствено-оформящи функции на опорните елементи на детайлно (елементно) ниво**

Пространствено-оформящите функции на опорната система на това йерархично ниво се определят от собствената структура, от материала и финишната обработка на опорните елементи. Изпълняват се като решетъчни или пълностенни елементи, най-често от тръбни стоманени профили. При съставните прътови колони, арки, рамки, пръстени, както и при структурните плочи и черупки, въздействието на тяхната собствена решетъчна структура в архитектурното пространство е подсилено от прозрачния фон, създаден от бялата текстилна тъкан.

- **Пространствено-оформящи функции на опорните елементи на структурно (пространствено) ниво**

За пространствено-оформящите функции на това йерархично ниво значение има външният контур на покритието, тоест разположените спрямо него елементи от опорната конструкция. При отворените покрития е активна изаявата както на опорните елементи по периферията, така и на тези, които са вътрешни.

Стълбовете, мачтите, вантите, арките, рамките и опорните пръстени имат само пространствено-определяща роля в архитектурната форма и нямат пространствено-разделяща функция, защото са линейни елементи, които не могат да създават граници между архитектурните пространства. Стълбовете и мачтите най-често са наклонени и действат като „балансори“ спрямо усилията от работещата на опън текстилна мембрана. Арките могат да бъдат наклонени или вертикални, опорните пръстени – усукани или лежащи в една равнина. Излизащите от ортогоналната геометрия опорни елементи имат много силно пространствено въздействие. Това се дължи на динамиката, постигната чрез художествената изява на техните статически принципи на действие. Не случайно Бруно Дзеви определя архитектурния образ на текстилните покрития като „...безтегловни платки и прозрачни мембрани, прободени от антени, драматични и рисковани“ [13].

При мрежестите черупки и плочи изаявата на пространствено-разделящата функция е по-ясна, което се дължи на гъстотата на пространствената решетка, която усилва тяхното възприемане като цялостни архитектурни форми.

От анализа на конструктивните и пространствено-оформящите функции на опорните елементи на текстилната мембрана може да се направи следното заключение:

Видът на опорните елементи оказва влияние на пространствено-конструктивната структура на покритията с механично напрегната текстилна мембрана. Опорните елементи с линейна геометрия имат само пространствено-определящи функции. Опорните конструкции с повърхнинна геометрия също имат основни пространствено-определящи функции, но при тях пространствено-разделящите функции могат да бъдат по-ясно изразени в зависимост от вида на тяхната собствена структура.

4. Заключение

Съоръженията, реализирани с механично напрегната текстилна мембрана, са едно сравнително ново явление в съвременната архитектура. При тези обекти липсва влиянието на насложени културни фактори и утвърдени прототипи по отношение на архитектурната форма. Точно обратното, при тях класическите обеми и традиционните ортогонални помещения са заменени от друг тип пространства – зални, свободни, органично свързани. Носещите архитектурно-конструктивни елементи изцяло определят пространствено-конструктивната структура на тези съоръжения. При покритията с механично напрегната текстилна мембрана тектониката е основно средство на архитектурната композиция, чрез което се постига художествена изразителност. Тектониката може да бъде разглеждана като естетическа изява на конструктивните и пространствено-оформящите функции на основните носещи архитектурно-конструктивни елементи – текстилна мембрана и опорните елементи и конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Tiliev, J.* Technological Theory of Architecture. 2013, ISBN 978-954-724-052-0.
2. *Kutova, G.* The building envelope of the 21st century Second revised and supplemented edition. Propeller Publishing House, Sofia, 2020 ISBN 978-954-392-604-6.
3. *Popov, I.* Vavedenie v arhitekturnoto proektirane. Tehnika, 1973.
4. *Maldjieva, E.* Adaptation of Masonry Bearing Wall Buildings Built from the End of the XIX Century Through the 20-ies of the XX Century, PhD, 2006.
5. *Jordanova, N.* Structurally-Functional Model of Tectonics in Architecture. PhD, 2019.
6. *Tanev, V.* Textile Membrane Structures with Supporting Steel Frames. PhD, 2005.
7. *Berger, H.* Light Structures – Structures of Light. 2005, ISBN 1-4208-5267-1.
8. *Otto, Frei.* Tensile Structures. 1973, ISBN 0 262 65005 3.
9. *Knippers, Cremers, Gabler, Leinhard.* Construction Manual for Polymers and Membranes. 2011, ISBN 978-3-0346-0733-9.
10. *Angelov, M.* Architekturni konstruksii. Tehnika, 1989.
11. *Dakov, D.* Steel Structures with Tubular Profiles. 2004, ISBN 954-90912-3-6.
12. *Ishii, K.* Membrane Design and Structures in the World. 1999, ISBN 4-7869-0146-611.
13. *Dj Evi, B.* Arhitekturni predizvikatelstva. Nauka i izkustvo, 1984.

SOME ASPECTS OF THE ARCHITECTURAL COMPOSITION OF TENSILE MEMBRANE STRUCTURES WITH A MECHANICALLY PRESTRESSED TEXTILE MEMBRANE

D. Koseva-Kovacheva¹

Keywords: textile membrane structures, architectural composition

ABSTRACT

The architectural-compositional problems related to the tensile membrane structures with mechanically prestressed textile membrane are analytically considered. The constructive and spatial functions of their architectural-constructive elements, connected with the manifestations of tectonics, are traced.

¹ Desislava Koseva-Kovacheva, Arch., Dept. "Technology of Architecture", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: ardekos@mail.bg.