

ПЕРСПЕКТИВИ ІННОВАЦІЙ ВИРОБНИЦТВА АРХІТЕКТУРНИХ ТКАНИН ТА МЕМБРАН ДЛЯ М'ЯКИХ ОБОЛОНОК ТА ПОКРИТТІВ

Стаття присвячена огляду актуальності інновацій у виробництві архітектурних тканин та мембран для м'яких оболонок, що в залежності від способу створення напруженого стану розподіляються на напружені тентові покриття та пневматичні оболонки. Представлено ретроспективу будівництва цих споруд на протязі історії та їх роль у сучасному світі. Стійка зацікавленість архітекторів до м'яких оболонок та покриттів на протязі історії і в сучасному світі полягає в їхній універсальності та можливості створення сучасних архітектурних конструкцій.

Щодо тканин та мембран для м'яких оболонок, важливо відзначити різноманіття полімерних матеріалів, таких як ПВХ, поліестер, поліуретан, арамідні тканини (наприклад, Kevlar), тефлонові покриття та металізовані тканини що використовуються у створенні тентових покриттів та пневматичних оболонок. Вони відрізняються за своїми властивостями, такими як стійкість, тепло- та водовідштовхувальність, теплоізоляція, витримка до атмосферних умов та інші характеристики, що роблять їх придатними для застосування у різних проектах та умовах експлуатації.

Зауважено про провідні компанії у галузі виробництва промислових тканин, такі як Heytex, Serge Ferrari, Valtex та інші визначають напрямки інновацій у виробництві архітектурних тканин. Виробничі площі цих компаній розташовані в різних куточках світу задля забезпечення попиту.

Перспективи розвитку виробництва сучасних тканин, інновації в цій галузі можуть полягати у подальшому вдосконаленні матеріалів для підвищення їхньої міцності, стійкості до ультрафіолету, зменшенні ваги та розширенні спектру функцій. Також велика увага має бути приділена екологічності виробництва та експлуатації, зокрема використанню біорозкладних матеріалів та технологій для зменшення екологічного впливу під час виробництва та відновлення матеріалів.

Нарешті, висновки статті вказують на ключову роль цих матеріалів у створенні сучасного архітектурного ландшафту унікальних споруд, підкреслюють необхідність подальшого розвитку та досліджень у цій області та покращення якості матеріалів для майбутнього. Висновки стосуються актуальності та перспективності використання м'яких

оболонок та покриттів у сучасній архітектурі. А також важливості досліджень щодо створення нових тканинних матеріалів та технологій для покращення їхніх характеристик та розширення можливостей в будівництві. Втім, один з найважливіших акцентів стосується важливості екологічної чистоти у виробництві та застосуванні матеріалів.

Ключові слова: Структура тканини; Напруження; Мембрана; Тканинний матеріал; Натяжні тканинні структури; Мембранні структури; Промислові тканини; Мембранні структури

Постановка проблеми. М'яка оболонка є огорожувальною конструкцією, форма, стійкість та несуча здатність якої досягається за рахунок специфічних властивостей основного конструктивного елемента – механічно розтягнутої (напруженої) тканини або мембрани.

М'які оболонки мають високу міцність при розтягуванні і нездатні до опору будь-яким іншим видам навантажень. У будівництві м'яких оболонок використовують тканини із покриттям із синтетичних смол або плівки, армовані сітками. Крім міцності, водо- та повітро- непроникності, до таких матеріалів пред'являється ряд додаткових вимог: довговічність, негорючість, морозостійкість, помірна вартість та технологічність, здатність до самоочищення. М'які оболонки можуть сприймати зовнішні навантаження лише у стані попередньої напруги. Вона створюється двома основними способами: аеростатичним (пневматичним) та механічним. Перший спосіб призводить до створення пневматичних конструкцій, другий – висячих тентових покриттів. Загалом це різні види споруд за принципом їх проектування, будівництва та експлуатації. Але, щодо теми цієї публікації, то їх об'єднує основний формоутворюючий матеріал для будівництва таких споруд – це тканини або мембрани, що виконують формоутворюючі, тримальні, огорожуючі функції. Розвиток сучасної архітектури м'яких оболонок нерозривно пов'язаний із удосконаленням виробництва технічних тканин та мембран[1, 2, 3, 4].

Ціль статті. Мета статті полягає у висвітленні ключових аспектів промислових тканин для м'яких оболонок, їхнього впливу на будівництво та нагальність створення сталого та інноваційного середовища виробництва промислових тканин та мембран. Автор надає розгляд сучасних матеріалів для м'яких оболонок та покриттів, зокрема їхні переваги та характеристики, а також узагальнює властивості для їх оцінки.

Аналіз основних досліджень і публікацій. М'які оболонки широко застосовують як у сезонних, і у капітальних спорудах.

Історія м'яких оболонок в світі досить цікава та багатогранна. Використання тканин для створення тимчасових споруд сягає стародавності [6, 7]. Деякі з найдавніших прикладів цього - намети древніх цивілізацій, які використовувалися для житла, захисту та релігійних церемоній. Перші спроби створення пневматичних оболонок з'явилися пізніше та були

спрямовані на експерименти з використанням повітряної тканини для створення легких конструкцій. Піонерами в цій області були архітектори та інженери, такі як Фрідріх Крібс та Отто Ліліенталь, які в кінці 19-го - початку 20-го століття експериментували з пневматичними структурами та літальними апаратами та внесли свій внесок у розвиток аеродинаміки. У 20-му столітті відбулася інтенсивна еволюція тентових конструкцій, включаючи використання їх у торгівлі, розвагах, армії та інших сферах. Це був період, коли технології та матеріали стали більш розвиненими, що дозволило створювати більш складні та функціональні тентові споруди. Зростання інтересу до пневматичних конструкцій також прийшло у 20-му столітті, коли інженери почали застосовувати їх для спорудження покрівель, тимчасових споруд, архітектурних виробів та навіть арт-проектів. Сучасні м'які оболонки використовуються у багатьох галузях, включаючи торгівлю, спорт, культурні події, архітектурні вироби, військові потреби та багато іншого [5]. Вони стали символом інновацій та сучасного дизайну. Історія цих споруд відображає постійний розвиток матеріалів, технологій та конструкцій, що сприяє широкому застосуванню м'яких оболонок у сучасному будівництві та архітектурі.

Зокрема, вже у 21 столітті було побудовано кілька видатних та вражаючих тканинних оболонок, які стали символами сучасної архітектури. Ось кілька з них:

- "Бруклінський музей" (Brooklyn Museum) - Павільйон Coto-Soft: Ця тканинна конструкція була побудована у 2015 році в музеї Брукліна в Нью-Йорку. Вона складається з великої текстильної структури, створеної японським архітектором Ямасі Сото;
- "Серпентинський павільйон" (Serpentine Pavilion) в Лондоні: Кожен рік у Лондонському Гайд-парку встановлюється новий павільйон, спроектований світовими архітекторами. Багато з цих павільйонів використовують текстильні та тентові матеріали для створення унікальних конструкцій;
- "The Shed" в Нью-Йорку: Це нове мистецьке простір, яке відкрилося у 2019 році. Воно має текстильну покрівлю, яка може змінювати свою конфігурацію, розгортаючись або складаючись, щоб створювати різні простори для подій та виставок;
- "Стадіон Фуцзянь Лонгжі", Китай: Це стадіон із текстильним покриттям, яке створює вражаючий естетичний ефект;

Ці тканинні оболонки є лише декількома прикладами сучасних архітектурних творінь, які використовують текстильні матеріали для створення вражаючих конструкцій і форм.

Слід зазначити, що тканинні та пневматичні конструкції використовуються в військових цілях через їхню мобільність, маневреність та здатність швидко розгортатися, трансформуватися. Ось декілька прикладів:

- Пневматичні або тканинні ангари: Ці конструкції можуть бути швидко встановлені та розібрані, що робить їх ідеальними для військових операцій, де потрібне тимчасове житло або складування.

- Медичні тентові споруди: У військових операціях такі споруди можуть використовуватися для розгортання лікарських пунктів, медичних станцій та лікування поранених.

- Мобільні командні пункти: Тентові структури можуть використовуватися як мобільні командні пункти для координації військових операцій.

- Тентові накриття для техніки: Тканинні покриття можуть використовуватися для приховування техніки від дронів чи з погляду ворожих супутників.

- Тимчасові житлові споруди: У воєнний час тентові конструкції можуть використовуватися для житла військовослужбовців або для евакуації цивільного населення.

- М'які надувні оболонки (понтони): використовуються для влаштування плавучих платформ, наприклад, при будівництві або відновленні мостів, а також для підйому затонулих суден. Такі конструкції доцільно застосовувати для тимчасового перекриття каналів при ремонтних роботах, для зміцнення берегів, а також як аварійні загородження при прориві гребель і дамб.

Використання сучасних досліджень щодо створення покриття тканин із специфічними властивостями та фінальним покриттям, робить їх вкрай корисними у військових операціях.

Основна частина. На сьогоднішній день тентові та пневматичні споруди залишаються популярними через їхню гнучкість, ефективність та можливість у створенні унікальних архітектурних форм. Тенденції, які спостерігаються в цій галузі стосуються, зокрема, проблеми інновації в тканинних матеріалах або мембранах, які мають бути стійкими до різких змін погоди, ультрафіолетового випромінювання, вітру, дощу та інших екстремальних умов.

Зростаючий інтерес до сталих та екологічних підходів у будівництві призводить до застосування більш екологічно чистих матеріалів та енергоефективних рішень. Тканинні матеріали, що використовуються для тентових та пневматичних оболонок, можуть бути різноманітними та підбираються залежно від конкретних вимог проекту [8].

Тканини та мембрани для м'яких оболонок оцінюються за рядом характеристик. Наявність цих характеристик визначається з урахуванням конкретних потреб проекту та умов його експлуатації.

<i>Міцність і витривалість</i>	Стійкість матеріалу до розривів, виривів та зношування під час експлуатації
<i>Стійкість до погодних умов</i>	Стійкість матеріалу до ультрафіолетового випромінювання, дощу, вітру та інших елементів
<i>Водо- та повітро-непроникності</i>	Здатність матеріалу утримувати воду та запобігати просоченню. Для пневматичних оболонок враховується повітронепроникненість
<i>Еластичність і гнучкість</i>	Можливість вигинати та формувати матеріал для отримання проектної напруженої форми
<i>Довговічність кольору</i>	Стійкість матеріалу до вигорання на сонці та змін колірної гами
<i>Вага та товщина матеріалу</i>	Важливо враховувати для транспортування, встановлення та експлуатації
<i>Технічні властивості покриття</i>	Можливість зварювання, проклеювання та інші методи обробки матеріалу для створення конструкцій
<i>Естетика і прозорість</i>	Наявність прозорості або певного ступеня проникнення світла
<i>Екологічні характеристики</i>	Екологічно чистота матеріалів під час виробництва та їх вплив на навколишнє середовище
<i>Самоочищення</i>	Властивість матеріалів відтісняти бруд, пил та інші забруднення. Гідрофобні властивості, що дозволяють відштовхувати воду та не вбирати її разом із забрудненням. Властивість самоочищення від найпростіших забруднень під впливом опадів або вітру

В якості основи матеріалів для м'яких оболонок використовують полімерні волокна - поліефірні, поліамідні та поліакрил-нітрилові. Також знаходять застосування скляні та металізовані волокна [9]. Для покращення проектних та експлуатаційних характеристик тканину з цих волокон найчастіше покривають полівінілхлоридом (ПВХ), фторопластами (ПТФЕ, ЕТФЕ), поліуретаном, поліізобутиленом, поліхлоропреном, сульфохлорованим поліетиленом тощо. Також істотно поліпшити експлуатаційні властивості можливо за рахунок застосування металевих покриттів, що напилюються. Крім того, нанесення фінального лакового фторидного покриття збільшує стійкість тканини до дії УФ-випромінювання та покращує водоізоляційні властивості. Таким чином, як

правило, матеріал для покриття є композитним і проектується в залежності від цілей і призначення споруди.

Розглянемо більш детально основні переваги та недоліки деяких з найпоширеніших базових матеріалів для архітектури м'яких оболонки:

<p>Поліестер: Міцний матеріал, що має хорошу стійкість до розривів, стирання та ультрафіолетового випромінювання. Він зазвичай покритий шаром ПВХ для поліпшення водовідштовхувальних властивостей.</p>	<p><u>Переваги:</u> Висока міцність на розтяг та стійкість до зносу (довговічність); Стійкість до дії ультрафіолетових променів; Гнучкість та формостійкість; Легка вага: Поліестер зазвичай легше, ніж деякі інші аналогічні матеріали.</p> <p><u>Недоліки:</u> Нестійкий до високих температур; Схильність до розтягування в порівнянні з іншими матеріалами; Необхідність спеціальних покриттів для покращення водовідштовхувальних властивостей; Чутливість до деяких хімічних впливів; Екологічні питання: Виробництво поліестеру може бути пов'язане з певними екологічними проблемами через використання певних хімічних сполук.</p>
<p>Поліуретанові мембрани (ПУ): Використовуються для створення герметичних та стійких до впливу вологи оболонки. Вони гнучкі, легкі і можуть бути прозорими чи забарвленими.</p>	<p><u>Переваги:</u> Еластичність та стійкість до розтягування; Стійкість до атмосферних впливів та ультрафіолетових променів (довговічність); Хороші водовідштовхувальні властивості; Висока міцність та зносостійкість; Часто легше деяких інших матеріалів.</p> <p><u>Недоліки:</u> Можуть бути менш термостійкими ніж інші матеріали; Можуть бути дорожчими порівняно з іншими матеріалами; Чутливість до механічних ушкоджень; Виробництво може бути пов'язане з використанням деяких хімічних сполук, що спричиняють екологічні проблеми.</p>
<p>Полівінілхлорид (ПВХ): Часто застосовується через свою міцність,</p>	<p><u>Переваги:</u> Стійкість до погодних умов: до впливу ультрафіолетових променів, опадів та атмосферних впливів. Зберігає свої властивості</p>

<p>стійкість до різних погодних умов та можливість посилення шляхом додавання поліестерної сітки.</p>	<p>тривалий час під час експлуатації на відкритому повітрі; Водонепроникність забезпечує гарну герметичність; Висока міцність та зносостійкість; Гнучкість: легко піддається формуванню та обробці; Хімічна стійкість до різних хімічних речовин; <i>Недоліки:</i> Може піддаватися деформації при високих температурах; Виробництво та утилізація ПВХ можуть викликати екологічні проблеми через хлор, що використовується при його виробництві, та викиди при спалюванні; Може бути схильний до пошкоджень при різких механічних впливах; Може піддаватися горінню та виділяти токсичні гази під час займання.</p>
<p>Тефлонові покриття (ПТФЕ): Мають хорошу антипригарну здатність і стійкі до високих температур, що робить їх придатними для певних видів оболонок.</p>	<p><i>Переваги:</i> Відмінна антиадгезійність забезпечує легке видалення забруднень та опадів із поверхні; Висока теплостійкість до високих температур; Стійкість до агресивних хімічних речовин; Стійкість до ультрафіолету та атмосферних впливів; Гнучкість та легкість. <i>Недоліки:</i> Висока вартість порівняно з деякими іншими покриттями та матеріалами; Складність монтажу та ремонту, потрібні спеціальні навички та інструменти; Потенційні проблеми з міцністю (залежно від товщини та конструкції); Обмежений вибір кольорів та відтінків у порівнянні з іншими матеріалами.</p>
<p>Арамідні тканини (наприклад, Kevlar): Відомі своєю високою міцністю і застосовуються в оболонках, де потрібна висока стійкість до</p>	<p><i>Переваги:</i> Виняткова міцність, що перевищує сталь при рівній вазі; Стійкість до розтягування та високий модуль пружності; Легка вага в порівнянні з іншими матеріалами з аналогічною міцністю; Стійкість до високих температур;</p>

розривів зношування.	та Стійкість до хімічних речовин. <i>Недоліки:</i> Висока вартість у порівнянні з деякими іншими тканинами; Складність обробки (можуть вимагати спеціальних методів обробки та досвідчених фахівців для монтажу та ремонту); Чутливість до УФ-випромінювання; Низька стійкість до зносу під час тертя.
Металізовані тканини мають спеціальне покриття, яке складається з тонкого шару металу, зазвичай алюмінію. Це покриття може бути нанесене на тканину різними способами, такими як напилення, покриття чи ламінація.	<i>Переваги:</i> Відображення тепла, що може допомогти у підтримці комфортної температури під конструкцією; Хороша водонепроникненість; Хороші теплоізолюючі властивості, завдяки чому зберігають тепло всередині або захищають від холоду зовні. Стійкість до УФ-випромінювання; Захист від електромагнітних полів; Стійкість до низьких температур. <i>Недоліки:</i> Можуть бути менш гнучкими та складними для обробки порівняно з іншими матеріалами; Через металеве покриття можуть бути важчими за інші матеріали; Дорогі в порівнянні з деякими іншими аналогічними матеріалами; Можливість пошкоджень може зменшити їх ефективність та зовнішній вигляд.

Коли йдеться про вибір матеріалу, важливо враховувати фактори, такі як вимоги до міцності, герметичності, стійкості до розривів, впливу ультрафіолетових променів, вологості, температурних змін тощо. Також необхідно враховувати бюджетні обмеження та специфічні умови експлуатації оболонок.

Світові лідери з виробництва високоякісних матеріалів для тентів, мембран та пневматичних конструкцій пропонують широкий вибір технічних тканин та мембран для різних інженерних та архітектурних проектів:

Seaman Corporation	Спеціалізується на виробництві тканин для промислового використання, включаючи	Основні виробничі об'єкти знаходяться у США (в штаті Огайо)
--------------------	--	---

	матеріали для тентів, мембран та геосинтетики.	
Heytex	Виробник технічних текстильних матеріалів, таких як тентові тканини, мембрани для пневматичних споруд та інші промислові тканини	Виробничі потужності в Німеччині та США, а також компанія має партнерів та представництва у різних частинах світу
Serge Ferrari	Спеціалізується на розробці та виробництві високоміцних полімерних композитних матеріалів для архітектурних мембран та тентів	Виробничі об'єкти знаходяться у різних країнах, включаючи Францію, Швейцарію та інші регіони
Valmex (Mehler Technologies)	Виробник інноваційних тентових тканин та мембран для різних застосувань, включаючи пневматичні конструкції	Основні виробничі об'єкти розташовані у Німеччині, проте компанія має представництва та виробництво в інших країнах
Saint-Gobain ADFORS	Виробляє склотканинні матеріали, включаючи склоплівки, що використовуються в тентових та пневматичних спорудах	Виробничі об'єкти та представництва у різних країнах по всьому світу, включаючи США, Європу, Азію та інші регіони

Компанії, що спеціалізуються на виробництві промислових тканин для м'яких оболонок, все частіше акцентують на екологічність у всьому життєвому циклі матеріалів. Це стає важливою складовою у світлі росту свідомості про екологічні проблеми та прагнення до сталого розвитку.

Компанії здійснюють кроки для зменшення впливу на навколишнє середовище на кожному етапі виробництва, починаючи від вибору матеріалів та виробництва з мінімальним викидом відходів до вдосконалення технологій в переробці та утилізації в кінцевому використанні.

Це охоплює такі аспекти:

- Використання екологічних матеріалів: Обрання матеріалів, які є біодеградованими або можуть бути вторинно використані, щоб зменшити негативний вплив на довкілля.

- Енергоефективність виробництва: Використання енергоефективних технологій та джерел виробництва для зменшення викидів та використання води та енергії.
- Створення продуктів з довгим терміном служби: Розробка матеріалів, які мають високу витривалість і тривалий термін служби, що зменшує необхідність у частій заміні.
- Процеси утилізації та переробки: Вдосконалення методів утилізації та переробки після закінчення терміну служби, що дозволяє зменшити кількість відходів.

Цей підхід до виробництва матеріалів для м'яких оболонок демонструє зобов'язання компаній до збереження навколишнього середовища та сприяння сталому розвитку. Такі практики виробництва дозволяють забезпечити більш екологічно збалансований підхід до створення та використання матеріалів.

Висновки та перспективи. М'які оболонки та покриття, зроблені з архітектурних тканин та мембран, є важливою складовою сучасної архітектури. Вони поєднують в собі естетику, функціональність та інноваційні технології. Їх актуальність підтверджується через історію, де вони знаходили використання у різних епохах для створення тимчасових та унікальних архітектурних споруд, а також у сучасному світі, де вони стають ключовим елементом проектування архітектурних споруд, що безумовно стають візитівкою міста.

Різноманітність матеріалів, їх характеристики та особливості відкривають безліч можливостей для архітектурного дизайну цих конструкцій. Від водостійких і теплоізоляційних властивостей до міцності та витривалості до ультрафіолетового випромінювання, кожен тип матеріалу має свої унікальні переваги та обмеження.

Очікується, що майбутні інновації в галузі виробництва архітектурних тканин та мембран принесуть поліпшення їхніх властивостей та розширять їхні можливості застосування. Розвиток нових матеріалів, зосередження на екологічній стійкості виробництва та збільшення функціональних можливостей матеріалів є ключовими напрямками для індустрії архітектурних тканин.

Компанії-лідери у виробництві тканин, такі як Heytex, Serge Ferrari, Valmex (Mehler Technologies), Saint-Gobain ADFORS та інші, визначають тенденції в цій галузі своїми інноваціями та створюють нові стандарти якості та технологічності.

У підсумку слід сказати підкреслити роль нових технологій та матеріалів у створенні м'яких оболонок, що поєднують у собі якість, естетику та функціональність. Сучасні інноваційні промислові тканини та мембрани відкривають різноманітні можливості застосування м'яких оболонок та покриттів у різних сферах, починаючи від тимчасових споруд до покриттів простору для масових заходів, від унікальних архітектурних споруд до використання у військових цілях.

Безумовною прикметою нашого часу є екологічність виробництва та експлуатації тканин у будівництві. Цьому питанню приділяється першочергова увага.

Також цікаво зазначити, що науковий підхід під час проектування сучасних композитних сполучень за рахунок комбінації властивостей різних складових дозволяє створити фактично інтелектуальні матеріали для сучасної архітектури, які задовольняють всім вимогам сучасної архітектури.

Література

1. *Ansell, M. & Hill, Callum & Allgood, C.* (1983). Architectural PTFE-Coated Glass Fabrics--Their Structure and Limitations. *Textile Research Journal - TEXT RES J.* 53. 692-700. DOI: 10.1177/004051758305301110
2. *B. Bridgens, M. Birchall.* Form and function: The significance of material properties in the design of tensile fabric structures / *Engineering Structures.* Volume 44, 2012, Pages 1-12, ISSN 0141-0296, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.05.044>.
3. *Bridgens, Ben & Gosling, P. & Birchall, M.J.s.* (2004). Membrane material behaviour / *Concepts, practice & developments. Structural Engineer.* 82. 28 – 33. https://www.researchgate.net/publication/279659457_Membrane_material_behaviour_Concepts_practice_developments
4. *Bridgens, Benjamin N., Peter D. Gosling and Mjs Birchall.* Tensile fabric structures: concepts, practice & developments / *The Structural engineer* (2004), https://www.researchgate.net/publication/279708713_Tensile_fabric_structures_Concepts_practice_developments
5. *Campioli, Andrea & Zanelli, Alessandra.* (2006). Membrane and Shells: adaptable structures for the building sector. https://www.researchgate.net/publication/303416742_Membrane_and_Shells_adaptable_structures_for_the_building_sector
6. *Geeva Chandana.* Tensile structures and Pneumatic Structures. 2020. <https://www.slideshare.net/GeevaChandana/tensile-structures-and-pneumatic-structures>
7. *Ivanova, L.* Tensile fabric structures. World construction experience and prospects / *Applied Geometry and Engineering Graphics.* Kyiv: Budinevelnik, 2022. No. 101. Pp. 96-107. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2021.101.96-107>
8. *J.B. Pargana, D. Lloyd-Smith, B.A. Izzuddin,* Advanced material model for coated fabrics used in tensioned fabric structures, *Engineering Structures,* Volume 29, Issue 7, 2007, Pages 1323-1336, ISSN 0141-0296, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2006.09.001>
9. *J.B. Pargana, D. Lloyd-Smith, B.A. Izzuddin.* (2006). Advanced material model for coated fabrics used in tensioned fabric structures / *Engineering Structures.* Volume 29, Issue 7, 2007, Pages 1323-1336, ISSN 0141-0296, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2006.09.001>

10. Son, Miriam. (2007). The design and analysis of tension fabric structures. https://www.researchgate.net/publication/37999669_The_design_and_analysis_of_tension_fabric_structures

References

1. Ansell, M. & Hill, Callum & Allgood, C. (1983). Architectural PTFE-Coated Glass Fabrics--Their Structure and Limitations. *Textile Research Journal - TEXT RES J.* 53. 692-700. DOI: 10.1177/004051758305301110
2. B. Bridgens, M. Birchall. Form and function: The significance of material properties in the design of tensile fabric structures / *Engineering Structures*. Volume 44, 2012, Pages 1-12, ISSN 0141-0296, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.05.044>.
3. Bridgens, Ben & Gosling, P. & Birchall, M.J.s. (2004). Membrane material behaviour / *Concepts, practice & developments*. *Structural Engineer*. Vol. 82. 28 – 33. https://www.researchgate.net/publication/279659457_Membrane_material_behaviour_Concepts_practice_developments
4. Bridgens, Benjamin N., Peter D. Gosling and Mjs Birchall. Tensile fabric structures: concepts, practice & developments / *The Structural engineer* (2004), https://www.researchgate.net/publication/279708713_Tensile_fabric_structures_Concepts_practice_developments
5. Campioli, Andrea & Zanelli, Alessandra. (2006). Membrane and Shells: adaptable structures for the building sector. https://www.researchgate.net/publication/303416742_Membrane_and_Shells_adaptable_structures_for_the_building_sector
6. Geeva Chandana. Tensile structures and Pneumatic Structures. 2020. <https://www.slideshare.net/GeevaChandana/tensile-structures-and-pneumatic-structures>
7. Ivanova, L. Tensile fabric structures. World construction experience and prospects / *Applied Geometry and Engineering Graphics*. Kyiv: Budinevelnik, 2022. No. 101. Pp. 96-107. DOI: <https://doi.org/10.32347/0131-579X.2021.101.96-107>
8. J.B. Pargana, D. Lloyd-Smith, B.A. Izzuddin, Advanced material model for coated fabrics used in tensioned fabric structures, *Engineering Structures*, Volume 29, Issue 7, 2007, Pages 1323-1336, ISSN 0141-0296, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2006.09.001>
9. J.B. Pargana, D. Lloyd-Smith, B.A. Izzuddin. (2006). Advanced material model for coated fabrics used in tensioned fabric structures / *Engineering Structures*. Volume 29, Issue 7, 2007, Pages 1323-1336, ISSN 0141-0296, <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2006.09.001>
10. Son, Miriam. (2007). The design and analysis of tension fabric structures. https://www.researchgate.net/publication/37999669_The_design_and_analysis_of_tension_fabric_structures

PROSPECTS FOR INNOVATIONS IN THE MANUFACTURING OF ARCHITECTURAL FABRICS AND MEMBRANES FOR SOFT SHELLS AND COVERINGS

The article is devoted to a review of the relevance of innovations in the production of architectural fabrics and membranes for soft shells, which, depending on the method of creating a stressed state, are divided into tensile fabrics and pneumatic shells. A retrospective of the construction of these structures throughout history and their role in the modern world is presented. The persistent interest of architects in soft shells and coverings throughout history and in the modern world lies in their universality and the possibility of creating modern architectural structures.

In terms of soft shell fabrics and membranes, it is important to note the variety of polymeric materials such as PVC, polyester, polyurethane, aramid fabrics (e.g. Kevlar), Teflon coatings and metallized fabrics used in the creation of tent coverings and pneumatic shells. They differ in their properties, such as durability, heat and water repellency, thermal insulation, weather resistance, and other characteristics that make them suitable for use in various projects and operating conditions. It is noted that leading companies in the field of industrial fabrics production, such as Heytex, Serge Ferrari, Valmex and others, determine the directions of innovation in the production of architectural fabrics. The production facilities of these companies are located in different parts of the world to meet the demand. Prospects for the development of modern fabrics production, innovations in this area may include further improvement of materials to increase their strength, UV resistance, reduce weight and expand the range of functions. Much attention should also be paid to the environmental friendliness of production and operation, including the use of biodegradable materials and technologies to reduce the environmental impact during the production and recovery of materials. Finally, the conclusions of the article indicate the key role of these materials in creating a modern architectural landscape of unique structures, emphasize the need for further development and research in this area and improve the quality of materials for the future. The conclusions relate to the relevance and prospects of using soft shells and coatings in modern architecture. As well as the importance of research on the creation of new fabric materials and technologies to improve their characteristics and expand opportunities in construction. However, one of the most important emphases is the importance of environmental friendliness in the production and use of materials.

Keywords: Fabric structure; Tensile; Membrane; Fabric material; Tension fabric structures; Membrane structures; Industrial fabrics.