



Получена: 18.10.2016 г.

Приета: 22.02.2017 г.

КЛАСИФИКАЦИЯ НА КОНСТРУКТИВНИТЕ СИСТЕМИ ЗА ЕТАЖНИ СГРАДИ ОТ ДЪРВЕСИНА

Д. Иванова-Узунова¹

Ключови думи: дървена конструкция, конструктивна система

РЕЗЮМЕ

Проследява се накратко развитието на сградите с дървена носеща конструкция в исторически план. Анализирани са съществуващите класификации на конструктивните системи. Съществуващите решения за изпълнение на вертикална и хоризонтална конструкция са проучени и систематизирани според геометрията и начина им на работа. Предложена е нова класификация на конструктивните системи с оглед на съвременните технологични решения и практиката.

1. Въведение

Дървесината е материал, който се използва за строителство на сгради от генезиса на архитектурата до наши дни. В географските региони на света с естествен растеж на дървесина са се развили различни типове традиционна дървена къща, някои от които продължават да се строят и днес.

Индустриалните технологии създават дървени продукти и елементи за връзка, които имат нови геометрични и конструктивни характеристики и по този начин обновяват конструктивните системи.

В последните няколко десетилетия интересът към дървените къщи е особено силен поради няколко факта:

– Строителството с дървесина е бързо и високотехнологично. Сградите се изпълняват от заводски произведени елементи. Голяма част от детайлите са изпълнени на закрито и са с контролирано качество.

¹ Даниела Иванова-Узунова, арх. докторант, кат. “Технология на архитектурата”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: daniella_ivanova@abv.bg

– В строителните елементи на дървените сгради, които често съчетават конструктивната и ограждащата функция, са интегрирани изолационни материали. Изискванията за енергийна ефективност се удовлетворяват при минимална дебелина и маса.

– Дървесината е единственият естествено възобновяем конструктивен материал, който при обмислено добиване и посаждане е практически неизчерпаем. В процеса на израстването си един кубичен метър дървесина преработва 1 t въглероден двуокис. Строителството с дървесина е в своята същност екологично и в редица държави е нормативно подкрепено като мярка за устойчиво развитие.

2. Кратък исторически преглед

Традиционните дървени конструкции са регионално специфични от типа класически скелет или блоков строеж. При тях се използват дървени профили с обло или квадратно сечение, които са свързани чрез дърводелски сглобки.

В началото на XIX век два продукта на индустриализацията – фасониран дървен материал и стоманени гвоздеи – водят до ново строително-конструктивно решение от дървесина. Стените се състоят от стойки с правоъгълно сечение, които са с височина на сградата, а гредите на подовата конструкция се захващат към тях. Дърводелските сглобки са заменени от гвоздеи и строителното решение става по-бързо и лесно. Облицовката на стените първоначално се изпълнява от дъски, а след това от дървесни плоскости. Дървесните плоскости поемат и функцията на хоризонтално укрепващи елементи.

Скелетният конструктивен елемент, състоящ се от дървени профили и облицовка, образува рамка, която се използва като стени и подов елемент в съвременните дървени скелетни сгради. Дървените рамкови конструкции могат да бъдат сглобени на място-строежа, но много често се произвеждат в заводски условия като панели с малки или големи размери или пространствени модули.

Технологиите за лепене и механично свързване на дървесината въвеждат в строителството плочите от слоеста дървесина. Те са едно- или многослойни и имат хомогенна структура. Равнинните конструктивни елементи са нововъведение в дървената конструкция и предпоставка за нови конструктивни системи¹.

3. Съществуващи класификации

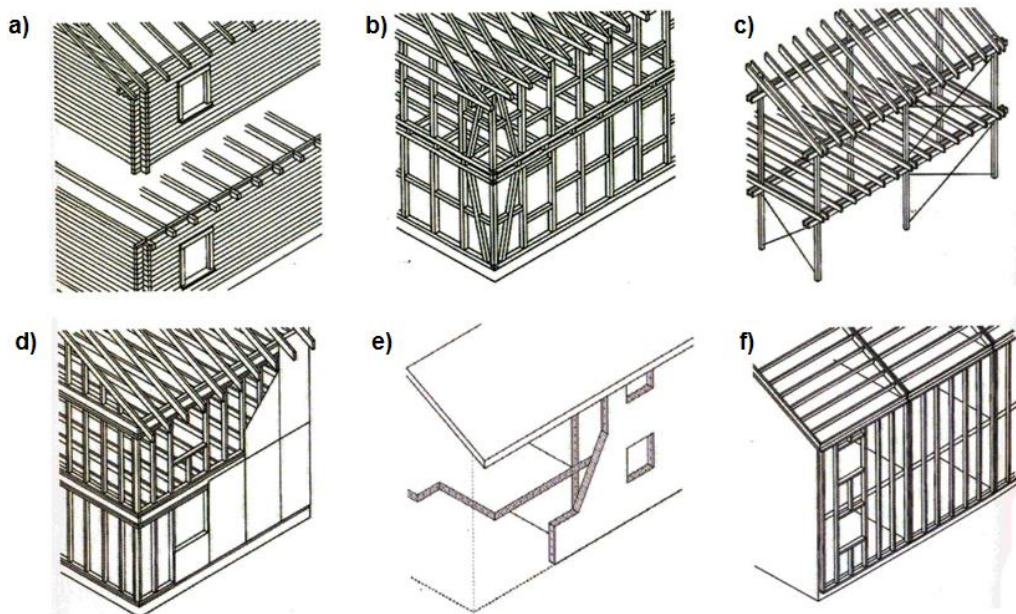
От проучените класификации със своята изчерпателност се отличават следните:

3.1. Класификация на Шведския технически институт за развойна дейност

В класификацията на дървените конструкции, направена от Шведския технически институт за развойна дейност, системите са дефинирани според структурата на носещите елементи (вж. фиг. 1).

Представените конструктивни системи са най-утвърдените и са често прилагани. Типовете хоризонтални конструкции и приложението им не са изчерпателно разгледани.

¹ Costa Santos S. The Conceptual Design Changes Triggered by Timber Boards, Design Principles and Practices 2011



Фиг. 1. Класификация на дървените конструкции в зависимост от конструктивната система
a) Блоков строеж (log construction); b) Класически дървен скелет (half-timbered); c) Инженерен скелет (post and beam); d) Скелетни/рамкови стени (timber frame); e) Масивна дървесина (solid wood construction); f) Смесена конструкция (mixed construction)

3.2. Класификации на Австрийския институт за проучване на дървесината

Основният класификационен признак в класификацията на Австрийския институт за проучване на дървесината (Holzforschung) е структурата на конструктивните елементи. Изведени са три основни типа структура:

- Рамкова – конструктивните елементи представляват решетка от дървени профили, разположени в една равнина и укрепени пространствено от конструктивна облицовка.
- Скелет – конструктивните елементи са линейни. Тук спадат традиционните скелетни системи и съвременният инженерен скелет.
- Масивна дървесина – конструктивните елементи са равнинни и са изградени от масивна дървесина. Масивната дървесина може да бъде под формата на отделни дървени елементи, свързани по съответния начин или плоча от слоеста дървесина.

Строителните решения за изпълнение на всяка от конструктивните системи са посочени като варианти на място и от заводски изготвени панели с малки или големи габарити, според спецификите на системата.

Възможността да се комбинират вертикални и хоризонтални елементи с различна структура е посочена като отделно поле „комбинирани системи“, без да бъде конкретизирана.

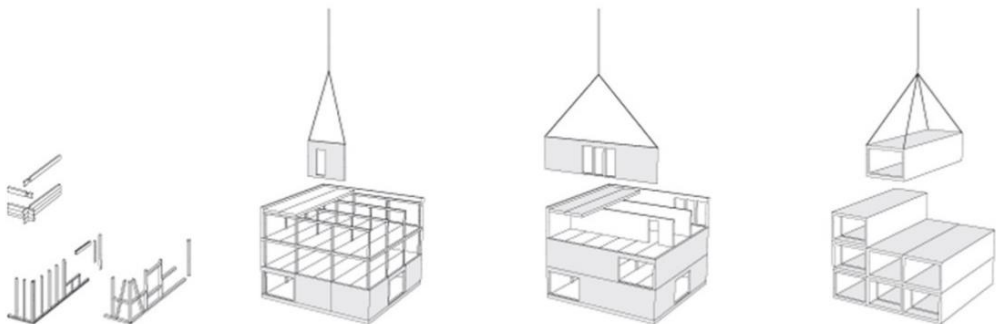


Фиг. 2. Строително-конструктивни решения при дървена носеща конструкция (източник: Holzforschung Austria)

Друга класификация на Австрийския институт за проучване на дървесината извежда строителното решение като основен класификационен признак. Според тази класификация дървените носещи конструкции са следните типове:

- Сглобени на място/обекта: блоков строеж, класически дървен скелет, рамкови стени.
- Съвременен (инженерен) скелет, който се състои от отделни линейни елементи и панели.
- Панелна конструкция.
- Обемни елементи.

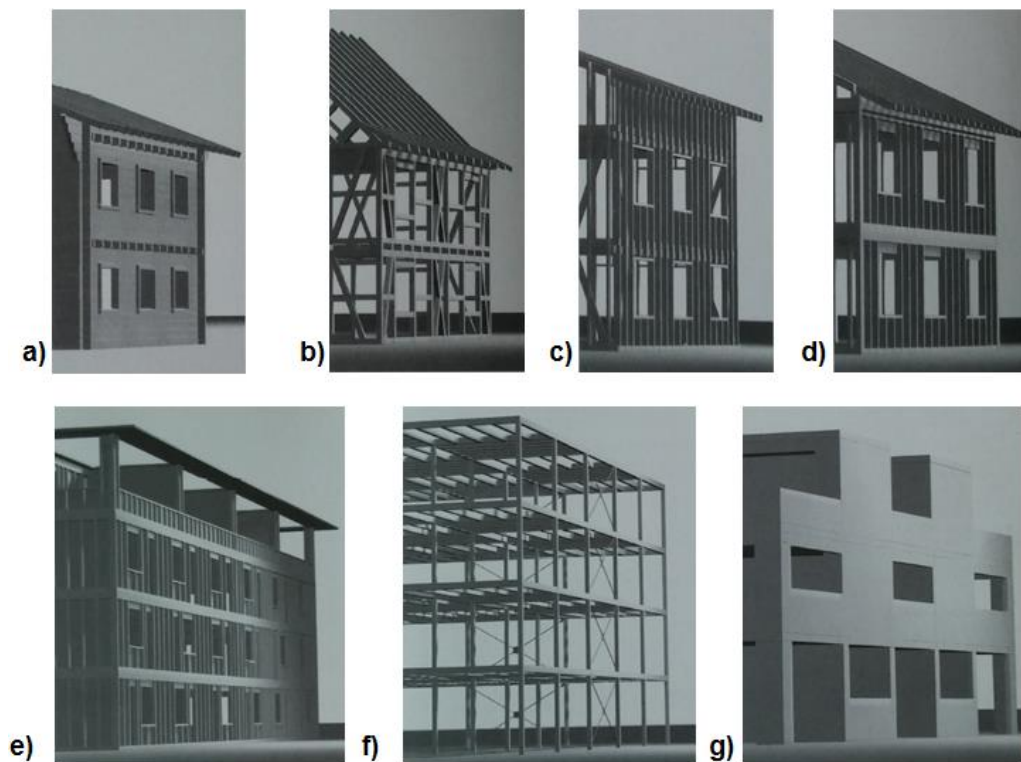
Тази класификация възприема и арх. Р. Грънчаров при разглеждането на дървените носещи конструкции в своето изследване „Сглобяеми нискоетажни сгради – сглобяеми скатни покриви“.



Фиг. 3. Класификация на дървените носещи конструкции според строителното решение (източник: Holzforschung Austria)

3.3. Класификация според „Системи в дървените конструкции“ на Йозеф Колб

Йозеф Колб възприема следната класификация в своя труд:



Фиг. 4. Класификация на Йозеф Колб

a) Блоков строеж (log construction); b) Дървен скелет (timber-frame construction); c) Balloon frame; d) Platform frame; e) Панелна конструкция (panel construction); f) Скелем (frame construction); g) Конструкция от масивна дървесина (solid timber construction)

Разгледаните класификации не представят изчерпателно начините на организация на конструктивния материал в носещите елементи на сградата.

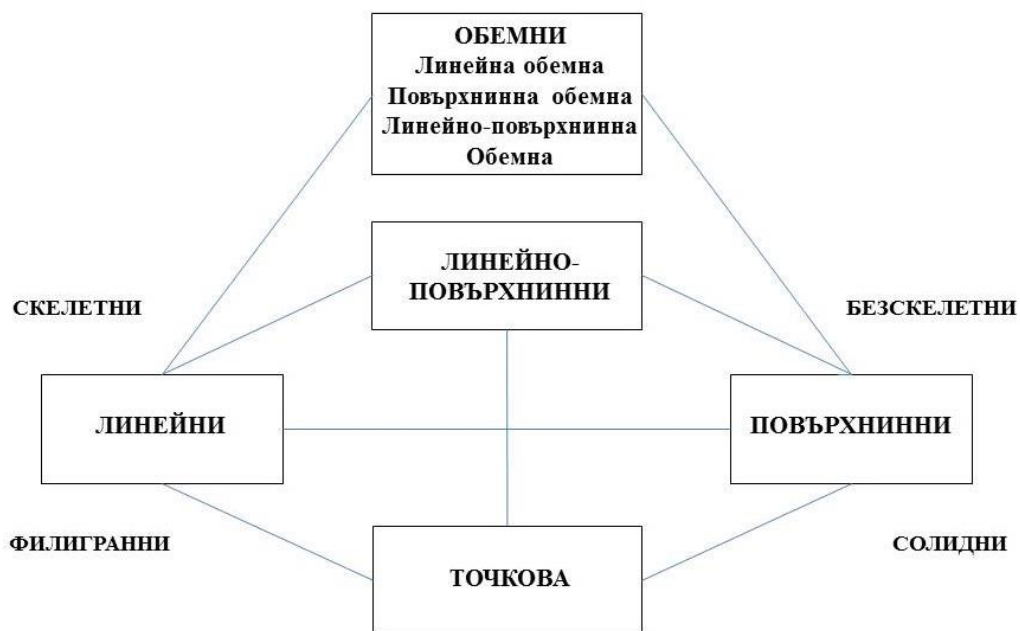
Няма направен анализ на системата от конструктивни елементи и взаимовръзката между геометрията и конструктивното поведение.

Не са изведени принципни модели за начина на работа на конструктивната система.

Авторката на това проучване е убеден, че класификацията на конструктивните системи на сградите с дървена конструкция е основоположна за всички следващи изследвания и класификации по отношение на строителното и архитектурното решение.

Архитектурната конструкция е материалната същност на архитектурата; тя представлява начинът, по който архитектурната форма се материализира. Геометрията и начинът на действие на архитектурната конструкция са основоположно познание за архитекта. Това познание се изразява най-точно от конструктивната система.

„Конструктивната система представлява видът на архитектурните конструкции и елементи според пространствения модел на конструктивното им действие.“¹



Фиг. 5. Конструктивни системи (пространствено-конструктивен вид на архитектурна конструкция или елемент)²

Видовете конструктивни системи са: точкова, линейна, повърхнинна, смесена (линейно-повърхнинна) и обемна (линейна, повърхнинна или линейно-повърхнинна).

„С тази геометрична характеристика може да се опише както всяка форма, така и структурният модел на всяка конструкция – при това комплексно и еднозначно. Използваният класификационен принцип... е отражение на пространственото единство на форма и конструкция (действието на формата като конструкция).“³

„Строително-конструктивната система обединява решението на носещата конструкция с нейното строително-техническо решение – като технология и определен строителен материал.“⁴

Конструктивната система включва всички елементи с носеща функция и затова те ще бъдат разгледани последователно, групирани като вертикални, хоризонтални и покривни конструкции. Ще бъдат систематизирани според геометричната си специфика като линейни, линейно-равнинни или равнинни.

Ще бъдат разгледани съществуващите конструктивни системи от дървесина и ще бъдат класифицирани според цитираното горе определение.

¹ Тилев, Ж. Технологична теория на архитектурата. УАСГ, 2013

² Пак там

³ Пак там

⁴ Тилев, Ж. Конструктивни и строително-конструктивни системи при българската възрожденска къща. // Архитектура – теория, история, кн. 5, 1989

4. Класификация на съвременните конструктивни системи от дървесина

Дървените сгради както в традиционния, така и в съвременния им вариант, използват линейни, линейно-равнинни и равнинни вертикални елементи.

Линейните елементи имат дължина, превишаваща многократно широчината и височината на сечението. Колоните са натоварени предимно с осов натиск, а гредите на огъване.

Линейно-равнинните елементи се състоят от линейни елементи, подредени в една равнина, и свързани по такъв начин, че да поемат съвместно натоварвания.

Равнинните елементи имат хомогенна структура и равномерно разположен конструктивен материал по цялата им повърхност.

4.1. Вертикални конструктивни елементи

Традиционната архитектура с дървесина ползва и трите вида вертикални носещи елементи: японската къща стъпва на свободно-стоящи колони, къщата с паянтова конструкция, известна още като фахверк, има линейно-равнинни носещи вертикални елементи, а стените, изпълнени по метода блоков строеж, макар и изпълнени от линейни елементи, имат равнинни експлоатационни характеристики благодарение на начина на свързване на отделните дървени елементи в ъглите „на венец“.

Как развитието на технологията повлиява на трите модела на поемане на вертикалните товари?

4.1.1. Линейни вертикални елементи

Линейните вертикални елементи (фиг. 6, аксонометрия 1) имат различни геометрични решения на напречното сечение наред с класическите окръжност и квадрат. Така се постига по-рационално използване на дървения материал, има различни възможности за изпълнение на връзката с гредите, намалява се рискът от усукване и поява на пукнатини.

4.1.2. Линейно-равнинните елементи

Линейно-равнинните елементи – скелетни стени – запазват принципната си характеристика, но всички компоненти на решението се променят:

– използваните дървени профили в традиционното решение (фиг. 6, аксонометрия 2) имат обло или квадратно сечение (фиг. 6, детайл а – хоризонтален разрез). В съвременния вариант (фиг. 6, аксонометрия 3) това са фасонирани профили със сечение с пропорция 1:2 или повече (фиг. 6, детайл б – хоризонтален разрез) или съставни профили за по-голяма дебелина на стената, съотв. повече изолационен материал (фиг. 6, детайл с – хоризонтален разрез);

– дърводелските сглобки, използвани за свързване на дървените профили, са заменени от метални крепежни елементи;

– диагоналните профили, осигуряващи равнинното поведение на скелетната стена, отпадат. Тази функция се поема от конструктивна облицовка, обикновено по вътрешната повърхност на стената;

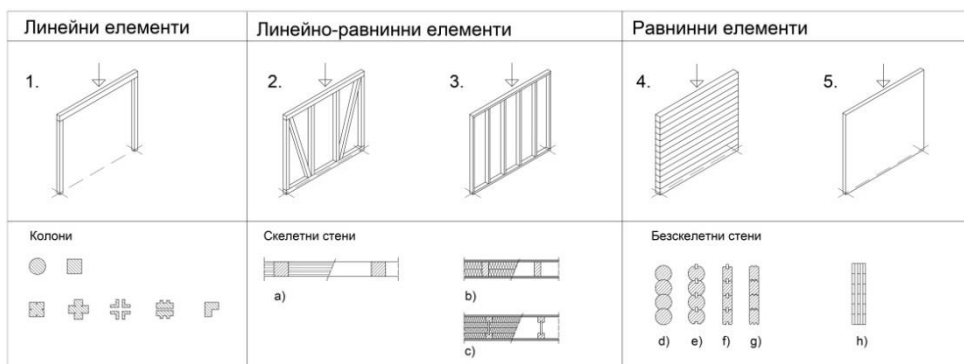
– материалите, запълващи пространството между дървените профили и оформящи повърхностите на конструктивния елемент, са технологичен продукт и имат определени функционални характеристики.

Скелетните стени са изключително подходящи за заводско производство. Разработени са системи с малко- или едрогабаритни панели, както и с пространствени модули. Така конструктивната система получава технологично строително решение.

Приложението на CAD/CAM системи дава възможност всеки архитектурен проект да бъде разработен като сглобяем. По този начин строителството с готови панели излиза извън разработването на типови сгради и може да бъде алтернатива за изпълнение на всеки архитектурен проект.

4.1.3. Равнинни вертикални елементи

Равнинните вертикални елементи в класическия им вариант се състоят от отделни дървени трупи (фиг. 6, детайл d, e – вертикален разрез) или фасонирани греди (фиг. 6, детайл f, g – вертикален разрез), които се зарязват по определен начин и се сглобяват на място. Това решение все още се прилага. Детайлите на връзката и уплътненията са намерили съвременно изпълнение с по-високо качество, но строителното решение остава същото. Това ограничава приложението на вертикални носещи елементи, изградени по метода блоков строеж.



Фиг. 6. Класификация на вертикалните конструктивни елементи

Съвременно строително решение на вертикални равнинни елементи са многослойните плочи от лепена дървесина (фиг. 6, детайл h – вертикален разрез), които се произвеждат от дъски или летви, залепени в три, пет или седем слоя. Броят на слоевете е винаги нечетен, „като се спазват принципът на симетричността на слоевете спрямо равнината на симетрия, която минава през средата на средния слой и принципът на кръстосването, като по този начин се осигурява стабилност на формата“¹ и равностойни якости в двете направления. Плочите от многослойна дървесина са продукт с отлични конструктивни качества, който се използва както за вертикални, така и за хоризонтални конструктивни елементи.

4.2. Хоризонтални конструктивни елементи

Основната конструктивна функция на подовата структура е поемането и предаването на експлоатационни натоварвания. Все повече обаче подовата конструкция се използва и в хоризонталното укрепване на сградата, благодарение на елементите с линейно-равнинна или равнинна структура.

¹ Панайотов, П. Стокознание. София, 2010

4.2.1. Хоризонтална конструкция от линейни елементи:

Греди

Подовата конструкция се състои от греди, наредени плътно една до друга (фиг. 7, детайл а). Гредите стъпват върху две срещулежащи стени и не са свързани помежду си. Конструктивна връзка със стената, успоредна на гредите, също няма.

Греди и подова основа

Подовата конструкция се състои от греди, разположени на разстояние от 0,40 до 0,80 m една от друга и положена върху тях подова основа. Гредите могат да бъдат от масивна или лепена дървесина (фиг. 7, детайл b), както и с композитно или оптимизирано сечение (фиг. 7, детайл c). Подовата основа обикновено е от дъски (дюшеме) или дървесни плоскости. Допълнителни неконструктивни слоеве служат за подобряване на звукоизолацията.

Гредите стъпват върху две срещулежащи стени или греди. Детайлите на връзка със стена са различни в зависимост от това дали тя е успоредна или перпендикулярна на гредите. Възможни са различни декоративни облицовки.

4.2.2. Линейно-равнинни хоризонтални носещи конструкции

Подовата конструкция от греди и подова основа, описана в предходната точка, може да работи и като линейно-равнинна структура в зависимост от връзката между гредите и основата.

Друга разновидност на гредоред с линейно-равнинно конструктивно поведение е прилагането на тънка стоманобетонна плоча върху гредите (фиг. 7, детайл d, e).

Дървесни плочи с кухини

Разработени са подови конструкции, които имат равна горна и долна повърхност и надлъжни кухини. Те предават натоварванията в едно направление, но имат известно укрепващо действие и в другото направление. В кухините могат да бъдат провеждани инсталации.




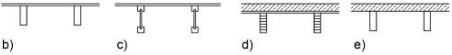
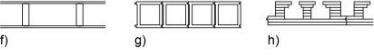
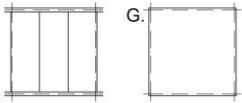
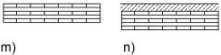

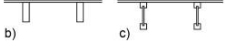

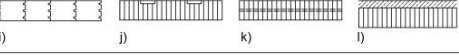
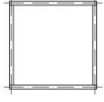
Подовете от този тип могат да бъдат изпълнени по няколко начина:

- Гредоред съгл. т. 4.2.1 с конструктивна облицовка отдолу (фиг. 7, детайл f).
- Кутиеобразни ивични панели (фиг. 7, детайл g).
- Ивични панели от многослойна лепена дървесина с кухини (фиг. 7, детайл h).

Подовите елементи стъпват върху две срещулежащи стени или греди. Детайлът на стъпване в двете направления е в конструктивната си същност различен, но не изисква специално оформяне, поради равната долна повърхност на подовата конструкция.

Многослойна плоча от лепена дървесина върху греди

Многослойната плоча от лепена дървесина върху греди, разположени по конструктивните оси, е линейно-равнинно решение, подходящо за големи натоварвания (фиг. 7, E).

Линейни елементи	Линейно-равнинни елементи	Равнинни елементи
<p>A.</p>  <p>Греди и подова основа</p>  <p>a)</p>	<p>C.</p>  <p>Греди и подова основа</p>  <p>b) c) d) e)</p> <p>Дървесни плочи с кухни</p>  <p>f) g) h)</p>	<p>F. G.</p>  <p>Многослойни плочи от лепена дървесина</p>  <p>m) n)</p>
<p>B.</p>   <p>b) c)</p>	<p>D.</p>  <p>Плочи от еднопосочно ориентирана дървесина</p>  <p>i) j) k) l)</p>	
	<p>E.</p>  <p>Греди + плочи от ориентирана дървесина</p>	

Фиг. 7. Класификация на хоризонталните конструктивни елементи

4.2.3. Равнинни подови конструкции

Плочи от еднопосочно ориентирана дървесина

Плочите от еднопосочно ориентирана дървесина се състоят от плътно наредени греди или дъски, които са свързани чрез зъб и глъб, дюбели от дървесина, метални свързващи елементи или лепене.

Натоварванията се предават в едно направление, пространственото укрепване е и в двете направления.

Многослойна плоча от лепена дървесина

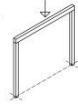
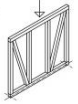










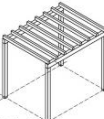
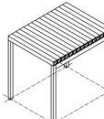
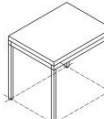
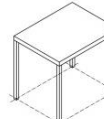
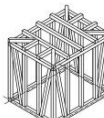

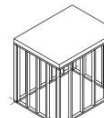
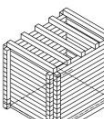

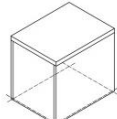
Многослойните плочи от лепена дървесина се прилагат като равнинни подови конструкции, като поведението им може да бъде сравнено с кръстосано армирана плоча, която има равностойни якостни характеристики в двете направления. Могат да бъдат подпрени 3- или 4-странно.

4.3. Покривни конструкции

Структурата на покривните конструкции е аналогична на тази на вертикалните или хоризонталните конструктивни елементи. Те могат да се състоят от линейни елементи – греди или ферми и покривна основа; от линейно-равнинни елементи или равнинни елементи.

Поради това те не променят типологичната характеристика на конструктивната система и няма да бъдат разглеждани самостоятелно в следващата класификация.

4.4. Конструктивни системи

Вертикална конструкция	Линейни елементи 1. 	Линейно-равнинни елементи 2.  3. 	Равнинни елементи 4.  5. 
Хоризонтална конструкция	Линейни елементи A.  B. 	Линейно-равнинни елементи C.  D.  E. 	Равнинни елементи F.  G. 
Конструктивна система	Линейна  1-B, 1-C	Линейно-равнинна        	Равнинна  5-D, 5-E

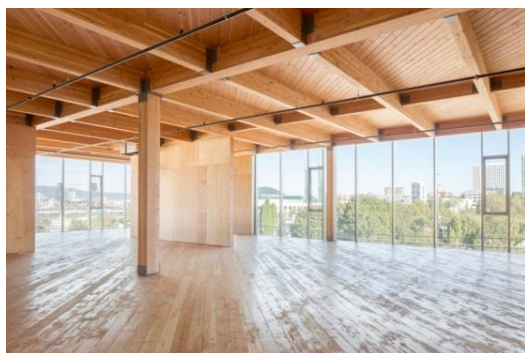
Фиг. 8. Класификация на конструктивните системи от дървесина

Конструктивните системи могат да бъдат класифицирани като линейни, линейно-равнинни и равнинни в зависимост от съставящите ги конструктивни елементи.

Линейната конструктивна система има вертикална структура от колони и хоризонтална от греди и подова основа, наречена още инженерен скелет.

Линейно-равнинната конструктивна система има най-много разновидности, като най-широко приложение намира това с вертикални линейно-равнинни елементи и хоризонтални линейно-равнинни или равнинни.

Конструктивната система от равнинни елементи е принципно нова за строителството с дървесина и добива все по-голяма популярност. Благодарение на нейните отлични конструктивни характеристики има изпълнени сгради на 7, 8, 9 етажа с изцяло дървена конструкция и развитието продължава.



Фиг. 9. Сгради с линейна и линейно-равнинна конструктивна система



Фиг. 10. Изпълнение на сгради по безскелетна конструктивна система от плочи от многослойна дървесина

Настоящата класификация обхваща само конструктивната система и не включва строителното решение, което ще бъде включено в следващия етап от разработването на темата.

5. Заключение

Съвременните сгради с дървена конструкция имат линейна, линейно-равнинна или равнинна конструктивна система, като преобладаваща е линейно-равнинната.

Линейно-равнинните елементи изпълняват едновременно конструктивната и ограждащата функция, което е предпоставка за рационално и ефективно строителство.

Наблюдава се тенденция за увеличаване на прилагането на равнинни елементи, което води до нови параметри на дървените сгради.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Costa Santos, S.* The Conceptual Design Changes Triggered by Timber Boards. Design Principles and Practices, 2011.
2. *Merz, K.* Deckensysteme aus Holz. Detail 4/ 2015.

3. *SP Technical Research Institut of Sweden*. Fire safety in timber building, 2010.
4. *Natterer, J., Herzog, Th., Volz, M.* Holzbau Atlas – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH. München, 1996.
5. *Грънчаров, Р.* Сглобяеми нискоетажни сгради – сглобяеми скатни покриви. София, 2013.
6. *Панайотов, П.* Стокознание. София, 2010.
7. www.proholz.at
8. *Kolb, J.* Systems in Timber Engineering. Birkhäuser, 2008.
9. *Тилев, Ж.* Технологична теория на архитектурата. Университет по архитектура, строителство и геодезия, 2013.
10. *Тилев, Ж.* Конструктивни и строително-конструктивни системи при българската възрожденска къща. // Архитектура – теория, история, кн. 5, 1989.

CLASSIFICATION OF TIMBER CONSTRUCTION SYSTEMS FOR MULTI-STOREY BUILDINGS

D. Ivanova-Uzunova¹

Keywords: *timber structure, construction system*

ABSTRACT

The historical development of buildings with timber load-bearing structure is briefly described. The existing classifications of the construction systems are analyzed. The existing solutions for vertical and horizontal construction have been studied and synthesized regarding their geometry and behavior. A new classification, considering the contemporary technological solutions and practice, is presented.

¹ Daniela Ivanova-Uzunova, Arch., part-time assistant and PhD candidate, Dept. “Architecture Technology”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail:daniella_ivanova@abv.bg