ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ СОФИЯ

Том Volume 56 2023 Брой Issue 2

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY SOFIA

Получена: 08.01.2023 г.
Приета: 26.01.2023 г.

АРХИТЕКТУРА И ТЕХНОЛОГИИ – СЪВРЕМЕННИ ПЕРСПЕКТИВИ ПРЕД ЖИЛИЩНАТА АРХИТЕКТУРА

М. Нанова[1]

Ключови думи: *архитектура, технологии, дигитални, жилища, индустриализирани, достъпни*

РЕЗЮМЕ

Разглежда се влиянието на съвременните информационни технологии върху жилищната архитектура. Изследват се настъпилите промени в начина на проектиране и комуникация и се анализират новите възможности за съчетаване на ефикасните индустриализирани методи на строителство с индивидуализирани спрямо нуждите на обитателите архитектурни решения. Използването на генеративни методи на проектиране, роботизирани технологии на производство и иновативни строителни материали, е разгледано в контекста на възможностите за създаване на качествени, адаптивни и достъпни жилища.

1. Въведение

Връзката на архитектурата с технологиите е заложена в нейната същност. Няма архитектурен проект, който може да бъде реализиран без подходяща конструкция и адекватни методи на строителство. Чрез тях формата постига логичното, рационално и ефективно изпълнение на своето предназначение. Мисълта за начина, по който ще се изгради даден обект, така че да бъде целесъобразен, естетически издържан и икономически оправдан, е неразделна част от архитектурното решение. Стандартният проект следва стриктно ограниченията на строителната технология, докато нестандартните решения изискват оригинален подход към съществуващите технически

[1] Милена Нанова, доц. д-р арх., кат. „Жилищни сгради“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046, гр. София, e-mail: m_nanova_far@uacg.bg

възможности или създаване на нови средства за осъществяване на творческата идея. Тази ясно очертана взаимовръзка между архитектура и технология не е еднопосочна. Откриването на нови материали и строителни способи дава тласък на появата на нови архитектурни форми. Навлизането на метала, стъклото и стоманобетона в строителството променят радикално образа на сградите през 20-и век. Под влиянието на социално-икономически, културни и други феномени се раждат смели архитектурни идеи, които от своя страна провокират създаването на технологични нововъведения. Свидетели сме на не един пример на футуристични структури, които са допринесли за развитието на нови методи на строителство. Повлияни от машинната естетика, авангардните структури на руските конструктивисти никога не са реализирани, но са вдъхновили редица инженерни търсения, направили възможни много от съвременните архитектурни постижения. Японските метаболисти остават в сферата на архитектурните утопии, но са положили основа за развитието на днешните генеративни структури. Авангардната параметрична архитектура на Франк Гери и Заха Хадид става повод не само за създаването на нови технологии на проектиране, но стимулира дигитализацията на цялата модерна строителната индустрия.

Погледът към жилищната архитектура от последното столетие дава представа за пулсациите на тази връзка. Внедряването на иновативни технологии при някои отрасли като машиностроене и автомобилна индустрия става бързо, а ефектът може ясно да се проследи. Строителната индустрия приема иновациите с известно забавяне поради своята специфика и консервативност. Индустриализацията е по-скоро повод, който провокира създаването нов етичен и естетически код на Модерната архитектура, отколкото реалност в масовото строителство на сгради в началото на 20-и век. Едва след Втората световна война настъпва истинското механизиране на строителния процес. Парадоксален е фактът, че колкото по-рутинен става този процес с годините, толкова по-малко приемливо става неговото архитектурно проявление. Застоят в изразните средства през втората половина на века и липсата на технологично предизвикателство стават причина за връщане назад към традиционализма като естетика и строителен опит. Въпреки възходящото развитие на индустрията, масовата архитектура остава скована в своя следвоенен етап на развитие.

И така до началото на 21-и век, когато от нищото избухва взрив от непознати форми, родени от възможностите на дигиталните технологии за проектиране и производство. Подобно на ситуацията отпреди век, новата естетика е импулсирана от бурните промени в обществено-икономическия живот и търси материализация на духа на времето. Напредъкът в технологиите променя начина на работа, налага нов професионален език и инструментариум, създава различно усещане за пространство и форма, едновременно носталгично и футуристично, рационално и поетично, в съзвучие с общата многопластовост, противоречивост и разнопосочност на света, в който живеем. На този фон строителната индустрия отново изостава в широкото и целесъобразно използване на високите технологии. Те намират приложение за изпълнението на уникални и скъпи проекти, но не и като средство за подобряване на ефективността и качеството на масовата архитектура.

В сферата на жилищната архитектура взаимодействието между дизайн и технологии има значителни социални последствия и директно влияе върху качеството на живот на хората. Рационализирането на строителните технологии и въвеждането на индустриализирани методи на изпълнение са ключов фактор за увеличаване на темповете и мащаба на новото строителство. Намаляването на разходите прави жилищата по-достъпни. Използването на фабрично изработени детайли и елементи гарантира по-доброто качество и дълготрайност на сградите, конструкцията и фасадите.

Как тези очевидни истини намират място в съвременното проектиране и доколко бурното технологично развитие от последните десетилетия помага за прилагането им в

жилищната сфера? Какъв е смисълът от нововъведенията, извън чисто пластичния формален ефект, с който архитектурата на всяка епоха иска да остави своя отпечатък в историята? Какъв е етичният код, ползата за обществото, приносът за по-доброто качество на живот?

Целите, които са поставени пред съвременната жилищна архитектура, не са много по-различни от тези отпреди един век, а именно – осигуряване на достатъчен брой достъпни жилища, които отговарят на съвременните изисквания за качество, енергийна ефективност, многофункционалност и гъвкавост, в една урбанизирана среда с все по-ограничени възможности за уплътняване. Новите цифрови технологии биха могли да предложат основа за постигане на тези цели като предоставят начин за рационализиране и оптимизиране на проектирането и строителството, подобряване на качеството на жилищата и тяхната адекватност към индивидуалните очаквания на хората.

2. Исторически паралели

Интересен е паралелът с навлизането на технологиите в жилищната архитектура от началото на 20-и век и ситуацията днес, през второто десетилетие на 21-и век. Датите, които маркират новите столетия, са умозрителни човешки конструкции. Сами по себе си те не означават някакви преломи в човешката история. И въпреки това, всяко начало на века е заредено с очаквания за промяна и за нови перспективи. Още повече, когато това начало е белязано от реални и значими промени в технологиите, които се отразяват върху много сфери на обществения живот. Без да се връщаме твърде много назад във времето, може да си припомним как индустриализацията от края на 19-и век събужда филантропските идеи за осигуряване на хигиеничен и достъпен дом за всеки. Големите архитекти на Модернизма обосновават своите търсения с високи цели. Хуманистичните идеи за решаване на социални проблеми със средствата на архитектурата водят творческата мисъл и ускоряват търсенето на технологични средства за реализирането на жилищните проекти. Движението Баухаус има своята естетическа платформа, която е в унисон с ясно декларирани етични цели. *„Модерната архитектура не е просто пореден стил, характерен със своята орнаменталност, а кауза, която се стреми да отговори на съвременните идеи за демокрация, свобода, приоритет на индивида и социална ангажираност“* [1]. Естетиката произтича от новите технически възможности, красотата на машините и целесъобразността на производството. Тя въплъщава **единството между форма, функция и технология** и има ясна цел – постигането на максимален обществен ефект с минимум средства, бързо и ефективно. И това е една устойчива за времето си цел.

Задачите на архитектите от началото на 20-и век включват актуалните днес схващания за интелигентно използване на ресурсите, контролирано финансиране, ефикасно планиране на времето за строителство, прецизно прилагане на материалите според характеристиките им, и най-вече стремеж към един постоянен процес на проучване, усъвършенстване и внедряване на нови материали и технологии, за да не спира напредъкът в създаването на жилища, които **да бъдат достъпни, да отговарят на променящите се нужди на хората и да са адекватни на производствените възможности на времето си**.

Жилищната архитектура в Европа до средата на 20-и век има социална мисия, която бива преследвана с технологични средства, а архитектурният образ отразява характеристиките на строителните материали и нивото на техническо развитие през този период. Технологията на проектиране се променя в съответствие с изискванията на

индустриалното производство – стандартизация, модулност, повторяемост и унификация, това са инструментите за постигане на максимална ефективност. Моралният императив отхвърля всякакво излишно украшателство и елементи на себеизява или индивидуализация, а вярата в техническия прогрес доминира жилищната архитектура в продължение на много години. В кратки срокове са построени милиони домове, които да задоволят острата следвоенна жилищна криза. Технологичното развитие и индустриализацията на строителството прави възможно това. Постигнати са немислими до момента стандарти на обитаване в масовото жилище като полезна площ, ослънчаване, хигиеничност, санитарни помещения, топла вода, централно отопление и т.н. Въпреки всичко, това се оказва недостатъчно.

Втората половина на века е доминирана от масовото производство, довело до появата на гигантски, безлични жилищни комплекси, които привидно решават жилищния проблем в количествено, но не и в качествено отношение. Налагането на универсални модели на обитаване, типови проекти и стандартизиране, съпътстващи индустриализацията, срещат напълно човешката съпротива срещу подобен ред, който не произтича от персоналните нужди на хората. Наложеният колективен начин на живот е компрометиран от желанието за автономност и индивидуализъм. Търсенето на начин за идентификация или просто повече жилищна площ оставя своя отпечатък върху анонимните фасади, а качеството на архитектурния проект не успява да помогне за решаването на социалните проблеми (фиг. 1). Хуманистичните идеи за една индустриална и минималистична естетика, основана на морал и етика, потъват в анонимността на масовото жилище и безличната среда. Забравен е стремежът за търсене на нови възможности за усъвършенстване, а раждащите се теоретични модели и експериментални търсения не намират широко приложение поради ред причини, свързани с липса на политическа подкрепа и финансиране, конформизъм или недостатъчна технологична състоятелност. Надеждата, че жилищният проблем в света ще се реши със силата на технологиите и индустриалното производство, угасва, поради общата неудовлетвореност от модела на обитаване в градовете. Дебатът за качеството на масовото жилищно строителство остава на заден план и дълго време отсъства от фокуса на обществен интерес.

Фиг. 1. Деградация на жилищни блокове от 70-те г. на 20-и век, източник: ©economic.bg и личен архив

Едностранчивото и догматично прилагане на принципите на масовото производство за създаване на масова архитектура довеждат до разочарование от рационализма и връщат архитектурните търсения назад към по-консервативни модели на обитаване и традиционна естетика. Лошото качество и външният вид на масовото жилище налагат стигма върху индустриализираното строителство, водят до отдръпването на

голяма част от строителния сектор от индустриализацията и спират развитието, усъвършенстването и внедряването на нови технологии в жилищната архитектура. Забравени са методи като едроплощен и пълзящ кофраж, пакетно повдигани плочи, сглобяемо строителство, обемни елементи и други нововъведения, разработвани от цяло поколение архитекти и инженери, и масово прилагани до края на 80-те г. на 20-и век. Като че ли техническият прогрес и човешките схващания за „дом“ вървят в различни посоки през този период. Въпреки повишаването на жилищните стандарти, многократното увеличение на броя на построените жилища и относителното им поевтиняване, 20-и век не предлага устойчиво решаване на жилищния проблем в Европа нито като качество, нито като достъпност.

Напълно естествената реакция на постмодернизма от 80-те г. срещу догмата на рационализма в архитектурата не успява да допринесе за по-доброто състояние на средата за обитаване. С редки изключения, като добре планираната реконструкция на значителни части от Берлин, опитите за създаване на идентичност и усещане за място чрез цитиране на познати архитектурни форми, ирония, многопластовост и контекстуализъм, оставят любопитни, но бързо остарели следи в градската тъкан. Връзката между жилищна архитектура и технология намира израз в използването на конструктивни елементи като декорация и символ, но не и като органична изява на напредничави технологии (фиг. 2). И все пак, главната цел на тази реакция срещу универсализма на интернационалния стил е постигната. Става ясно, че подходът към жилищната архитектура трябва да е локален и диференциран, произтичащ от конкретната специфика на мястото (*genius locci*), имащ за цел да реши проблемите на дадената общност. Това дава ясна посока за търсене на нови технологични средства, които да отговорят на необходимостта от намиране на индивидуални решения в рамките на серийното производство.

Фиг. 2. Жилищни сгради в Берлин от 80-те г. на 20-и век, които предлагат идентичност и усещане за място, източник: личен архив

3. Цифровите технологии и новото светоусещане

Какво се случва днес, в началото на 21-и век? Какви са перспективите пред масовата жилищната архитектура? Как основните предизвикателства на новото време – **растяща урбанизация, дигитализация и климатични промени**, влияят върху бъдещите архитектурни решения? Как да се промени моделът на проектиране и строителство, за да се задоволи острата нужда от адекватни жилища на достъпни цени? Как да се използват неимоверно нарасналите технологични възможности за удовлетворяване на все по-

високите изисквания към жилището? Как да се постигне една разнообразна и устойчива жилищната среда? Как да се увеличи строителството, без да се унищожава природата? Отговорите на тези въпроси до голяма степен могат да очертаят посоките на бъдещо развитие на масовата жилищната архитектура.

В опита си да уловят пулса на бързо променящата се действителност, окрилени от новите възможности на дигитализацията, архитектите изпреварват философските и социологическите прогнози, анализи и обобщения. Архитектурната теория едва смогва да даде обяснение на случващото се, а още по-малко успява да дефинира някакви посоки на развитие. Никое решение не изглежда достатъчно добро, погледнато през призмата на разнообразните проблеми, а обединяването около определени ценности е частично, локално и временно. И това е ценното в съвременния светоглед. Веднъж отхвърлили универсалните истини и ясните причинно-следствени връзки, приели относителността, абсурда, изменчивостта и контекстуализма, хората търсят нов смисъл в справянето с палитрата от кризи и предизвикателства на нашето съвремие.

И, както започва своето есе Станимира Уидърз: *„След високите вълни на модернизма, разбили се безотрадно в постмодерна пяна, нещо друго започва да изплува: една самоосъзната различност, плод на нова и поради това мъчно дефинируема нагласа и отношение към действителността. В тази постепенно оформяща се чувствителност резонира едно по-уязвимо, но и по-отворено и ангажирано артистично и обществено светослушане, светочувстване и светостоене“* [2].

Тази нова чувствителност връща големите разкази на Модернизма под нова форма, без патоса на идеологиите, без желанието за универсалност и непогрешимост, със съзнанието за относителност на истината. В този смисъл темата за масовата жилищна архитектура добива нови измерения. Как да върнем *„машините за живеене“*, [3] след като сме били свидетели на *„смъртта на модерната архитектура“*? [4]. Как да усъвършенстваме и рационализираме строителството, без да се връщаме към типизираните жилища от 60-те г. на 20-и век? Как да отговорим на индивидуалните нужди и желания на обитателите, без да повишаваме цените? Как да стандартизираме, без да лишаваме хората от индивидуалност и усещане за принадлежност? Могат ли новите информационни технологии да решат проблемите на индустриализираното строителство?

Обществото днес дълбоко не вярва в големите идеи за спасяването на света и промяната на отношенията между хората със средствата на архитектурата, нито в универсалния подход към разрешаването на жилищния проблем чрез индустриализацията. В по-голямата си част то просто не харесва безличието и лошото качество на индустриално произведените жилища. Само че съвременният свят предлага нови примамливи истории, които обещават по-добро бъдеще, основано на по-високи технологии, по-богата информация и ново познание. Дигиталната революция, на която сме свидетели, променя начина на живот, отношението между архитект, клиент и изпълнител, налага нови методи на проектиране и строителство, и дава необятни възможности за избор.

„В началото на второто хилядолетие се забелязва завръщане към смисъла, предлаган от голямата история“ [2]. Нидерландските културолози Фермюлен и Ван ден Акер описват съвременния светоглед като люшкане между *„модерен ентусиазъм и постмодерна ирония, между надежда и меланхолия, между наивност и знание, емпатия и апатия, единство и множество, тоталност и фрагментация, еднозначност и двусмисленост“* [5]. Как тези взаимно изключващи се понятия намират смисъл в съвременната архитектура може да разберем като проследим влиянието на дигитализацията върху нея.

4. Въздействие на дигитализацията върху жилищната архитектура

Повече от сто години след основаването на школата Баухаус, въпросът за единството на архитектура и технология отново стои на дневен ред. Въвеждането на дигитални методи на проектиране, роботизирани технологии на производство и авангардни строителни материали правят това единство възможно по начин, който би могъл да преодолее дефектите на остарелите системи.

4.1. Въздействие на цифровите технологии върху потребителите. Промяна в отношението между клиент и архитект. Участие в процеса на проектиране

Навлизането на дигиталните технологии във всяка сфера на ежедневието ни променя бързо и радикално глобалната икономика и търговия, обществения и индивидуалния живот, начина на работа и социалните комуникации. Пандемията от последните години катализира този процес, а дистанционната работа, електронното обучение, онлайн търговията и виртуалните развлечения се превърнаха в обичайна практика. Домът стана място, където родителите водят конферентни разговори и срещи с колегите си, децата учат във виртуални класни стаи, младежите спортуват пред екрана на телевизора, а стените се преобразяват във филмови екрани.

Тази реалност рязко промени изискванията към жилището и околната среда. Стана ясно, че ограниченото пространство на жилището трябва да може да бъде използвано за различни дейности, а всеки член на домакинството има нужда от своето място за индивидуални занимания. Продължителното време, прекарано на затворено, изостри желанието за контакт с природата и здравословен начин на живот. Осигуряването на открито пространство в рамките на жилището се превърна в ценен атрибут. Две привидно противоположни тенденции – желание за самостоятелност и стремеж към общуване – показаха необходимостта от нова организация на жилищната среда, която да позволява уединеност и спокойствие, но заедно с това, да създава условия за общуване в рамките на непосредственото обкръжение. Адекватният архитектурен отговор предполага създаване на условия за многофункционална употреба на жилищното пространство, гъвкавост и възможност за вътрешни трансформации.

Независимо че хората полека се връщат към обичайния си начин на живот, дигиталните технологии разкриха нови и необятни перспективи. Неочакваният интерес към виртуалната реалност, предлагаща безкраен извор на развлечения, избор на филми, книги, новини и информация, стимулира още повече технологиите и предизвика бум в развитието на електронните платформи за предлагане на стоки и услуги. Онлайн пазаруването вече не е просто избор на стока от щанда. То все повече се превръща във възможност да конфигурираш и персонализираш продукта, който искаш, с помощта на елементарен софтуер.

Тази тенденция няма как да отмине и сферата на жилището. „Умните устройства“ вече навлизат в домовете ни, за да създадат една атмосфера, отговаряща на индивидуалните усещания на всеки. Те дават възможност да контролираме дистанционно системите за климатизация, отопление, осветление, озвучаване и сигурност, така че обстановката в дома да създава максимален персонален комфорт, да осигурява енергийна ефективност и независимост. Дигиталните платформи за обзавеждане (IKEA), за подови настилки (Interface), за дограми (Rollplast), за мазилки, бои, тапети и облицовки, предлагат

инструменти, които позволяват на своите клиенти, с помощта на елементарен конфигуратор, да моделират и визуализират елементи от пространството на своя дом; да създават собствени комбинации от шкафове и гардероби, с различни разпределения, цветове и финиш; да подбират мокет или паркет, според собствените си желания и вкус, в рамките на определена номенклатура или каталог от елементи.

Възможностите за персонализация на жилищното пространство не спират дотук. С навлизането на компютъра се променя самият процес на проектиране, а връзката между клиент, архитект и изпълнител е поставена на съвършено нова основа. За разлика от традиционния начин на проектиране, когато архитектът владее изцяло тайнството на създаването на един проект, а изискванията на клиента са пречупени през призмата на неговото въображение и професионални умения, днес ситуацията се променя. Бързото развитие на програмите за тримерна визуализация прави информацията по-достъпна за непрофесионалиста и му помага да разбере архитектурния проект. Съвременните средства за комуникация дават възможност за интерактивен диалог и позволяват на бъдещите обитатели да влияят върху крайния продукт и лично да участват в създаването на своя дом. Тази демократизация на процеса на проектиране не го прави по-лесен, но дава възможност на участниците да комуникират по-добре потенциалните алтернативи, за да се достигне до оптимален резултат, който удовлетворява в максимална степен всички изисквания. Участието на клиента в проектирането гарантира, че жилището ще отговаря до голяма степен на очакванията и няма да се променя в хода на строителството, а необходимите ресурси ще бъдат използвани по най-ефективния възможен начин.

Създаването на собствено жилище с алгоритмично базиран конфигуратор е все още далече от реалността. Ролята на архитекта и инженера засега е незаменима, независимо от бързото развитие на изкуствения интелект. Степента на намеса на клиента в проектирането става в рамките на много ясни правила, които да ограничават възможностите за избор и дефинират проектните решения. Появилите се платформи за онлайн проектиране предлагат предимно инструменти за обзавеждане, някои от които с продукти на конкретни фирми. Компании за производство на модулни строителни елементи създават виртуално пространство за неквалифицирани потребители, където те могат да модифицират типови проекти за жилищни сгради съгласно определената строителна система. Платформи като *Living Homes* например, предлагат ограничен брой „отворени“ параметри и решения, които могат да бъдат персонализирани чрез добавяне на помещения или избор на материали и финиши. *Wikihouse* дава възможност за проектиране на малки сглобяеми жилища според нормативите и ограниченията на системата за строителство с енергоефективни и дълготрайни строителни елементи от високоустойчив шперплат, произведени с помощта на CNC машини [6].

4.2. Въздействие на цифровите технологии върху начина на проектиране. Генеративен и параметричен дизайн в жилищната архитектура

Възможността за създаване на цифров модел (BIM) е един от най-важните инструменти, с които разполага съвременният проектант. Това представлява *„цифрово описание на физически и функционални характеристики на съоръжение (сграда), което служи като споделен източник на данни и информация за него. То формира надеждна база за взимане на решения по време на нейното съществуване, от създаването до разрушаването ѝ“* [7]. Пълноценното му използване води до рационализиране на процеса на проектиране и е средство за оптимизиране, координация и минимализиране на грешките. В ранните фази на проекта цифровият модел позволява експериментиране с

формата и помага на проектанта да намери най-доброто решение. В хода на работа могат да се изследват разнообразни обемно-пространствени композиции, варианти на строителни системи, инсталации, довършителни материали, обзавеждане и др. Поставянето на цифровия модел в реална среда създава едно хибридно виртуално пространство, където добавената реалност се свързва с действителността и дава максимално близка представа за бъдещия обект и въздействието му върху съществуващото обкръжение. BIM моделът е място за комуникация и взаимно споделяне на опит във всяка фаза на проектирането и строителството, където в реално време могат да се обсъждат и решават конкретни проблеми.

Навлизането на дигиталните технологии в инструментариума на архитекти и инженери позволява използването им не само като средство за изчертаване или визуализиране на вече измислен проект. Тъй нареченото „параметрично или алгоритмично проектиране“, предлага обратния процес – дигитално генериране на обекти чрез задаване на определени параметри и поставяне на различни ограничения – пространствени, функционални, конструктивни, екологични и др., които дефинират очаквания резултат. Заха Хадид и Патрик Шумахер въвеждат термина „параметризъм“ като наименование на произлизащия от параметричното проектиране архитектурен стил, характеризиращ се с динамични и интерактивни форми, с геометрия, напълно различна от познатата допреди [8]. Описани чрез цифрови параметри, тези форми могат да бъдат анализирани и променяни въз основа на определени критерии. Съчетаването на програмен език с графичен интерфейс в софтуер като Revit (Dynamo) и Rhino (Grasshopper) дава възможност за автоматично визуализиране на всяка промяна в параметрите.

Бързината и лекотата, с която се създават и модифицират сложни тримерни обекти, извежда на преден план формалната страна на параметричната архитектура, която води до впечатляващи резултати в сферата на комерсиалното строителство и обществените сгради, но без особен ефект върху съвременната жилищна архитектура. Съзидателната ѝ страна все още не е достатъчно оценена като средство за подобряване на качеството и понижаване на себестойността на жилищата. Алгоритмичният дизайн, разбиран единствено като „брандинг“ инструмент за създаване на красиви и необичайни форми, трудно може да намери място в масовото строителство, именно поради тяхната комплексност, уникалност и цена. Новата естетика, която произтича от напредналите технически възможности за проектиране, не е адекватна на производствените възможности. Например, изпълнението на усложнени криволинейни повърхнини е високотехнологично и специализирано, настроено към точно определен проект, а това го прави скъпо и нерентабилно при темповете, с които се развиват строителните технологии днес. За разлика от повечето отрасли, където дигитализацията отдавна е навлязла реално в производството, строителният бранш изостава сериозно в модернизирането си. В масовата практика все още липсва онази връзка между форма, функция и технология, необходима за постигането на целесъобразността и социалния ефект, от които има нужда жилищната архитектура.

Извеждането на алгоритмичния метод на проектиране от рамките на чистото формотворчество и развитието на потенциала му да решава не само естетически, структурни или технически проблеми, но и да отчита въздействието на екологични, социални, икономически и други фактори, може да има решаващо значение за подобряване на качеството и достъпността на жилищната архитектура. Способността на компютъра да генерира и оптимизира форми въз основа на рационален анализ на все по-нарастващото количество данни от различни източници, позволява те да бъдат използвани за подобряване на градското планиране и инфраструктура, за ефективно използване и балансирано уплътняване на територията, за оптимално смесване на функциите, за

рационализиране на плановите схеми и вътрешните комуникации, за автоматизиране на строителството, и в крайна сметка за предлагане на по-добро качество на по-ниска цена.

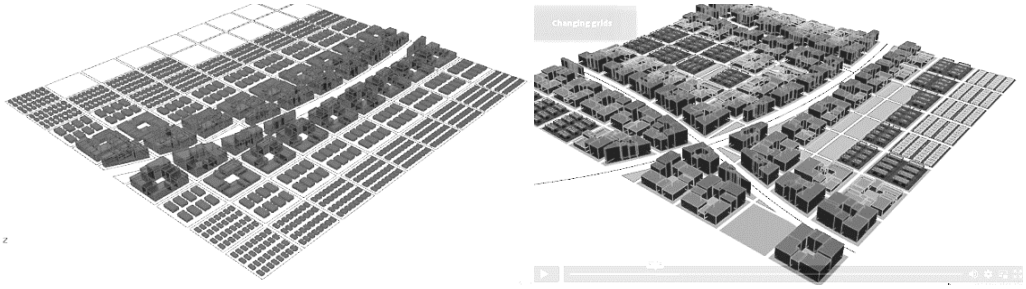
Алгоритмичното проектиране е процес, който по ясно структуриран начин следва логиката на естественото човешко мислене, подпомогнат от бързината, с която машината може да обработи подадената информация. В търсене на най-подходящото архитектурно решение, съобразено със зададените условия, всеки проектант генерира идеи. При традиционния начин на проектиране той съзнателно или подсъзнателно преценява тяхната целесъобразност, за да ги приеме или отхвърли. Ефикасността и времетраенето на този процес зависят от уменията, опита и информираността на архитекта, както и от комплексността на задачата. Всяка промяна на някой от основните параметри връща процеса към началото и отнема много време.

С помощта на съвременния софтуер, разработването на варианти, преценката на тяхната целесъобразност и извършването на промени са несравнимо по-ефективни. Машината може да създаде серия от алтернативни решения, свързани с функционалната организация, архитектурния образ, конструктивната система или строителните материали, въз основа на зададените параметри и ограничения. За кратко време тя изследва всички възможни пермутации[1] на дадено проектно решение и е способна бързо да се самообучава и усъвършенства въз основа на предишен опит. Изграждането на самия алгоритъм обаче изисква програмистки начин на мислене, който не се преподава в класическата форма на архитектурно обучение. Той може да бъде усвоен чрез упражнения на проектантско мислене в абстракция под формата на логически конструкции. Мисловните процеси, които водят до изготвянето на архитектурен вариант, могат да бъдат описани като взаимно свързани математически и геометрични зависимости, в които резултатът от една стъпка се въвежда като начална стойност в следващата. Процесът на алгоритмично проектиране тече двупосочно, като във всеки един момент изходните параметри и дори самата композиция на алгоритъма може да бъде променяна, до намирането на най-оптималния и целесъобразен вариант. Генеративният начин за създаване на архитектурния проект е *„част от процеса на оптимизация или намиране на най-добрите възможни резултати от комбинирането на различни критерии за ефективност. При архитектурното проектиране това дава възможност за по-голяма гъвкавост: вместо едно единствено проектно решение, има множество опции, които могат да бъдат коригирани според нуждите на проекта“* [9].

Спецификата на жилищната архитектура прави прилагането на подобен автоматизиран начин на работа особено удачен за подобряване на ефективността и качеството на проектантския процес. Създаването на един успешен и устойчив жилищен проект изисква съобразяване с множество комплексни фактори – от естествените дадености като местоположение, релеф, околна природна или застроена среда, ориентация, климатични особености, през законовите ограничения, финансовите рамки, пазарното търсене, демографския профил на обитателите, изискванията към площта и типологията на жилищата, качеството на вложените материали, до очакваната печалба и възвръщаемост на инвестицията. Проектът често е резултат от срещата на привидно противоположни цели, постигането на които е необходимо за крайния успех – ефективност или многообразие, рационалност или идентичност, целесъобразност или индивидуалност, икономия или гъвкавост. Намирането на полето на най-малкия компромис изисква създаване и изпробване на стотици решения, където на помощ идва алгоритмичният дизайн. Практически неограничените възможности за генериране на варианти, и бързината, с която се правят промени и се наблюдават постигнатите

[1] Пермутациите са такива съединения (редици), във всяко от които влизат всички дадени елементи, и се различават само по реда си. https://www.matematika.bg/algebra/kombinatorika.html (02.12.2022).

резултати, помагат, както за решаването на сложни проблеми на проектирането и изпълнението, така и за прецизната проверка на различни теоретични постановки.

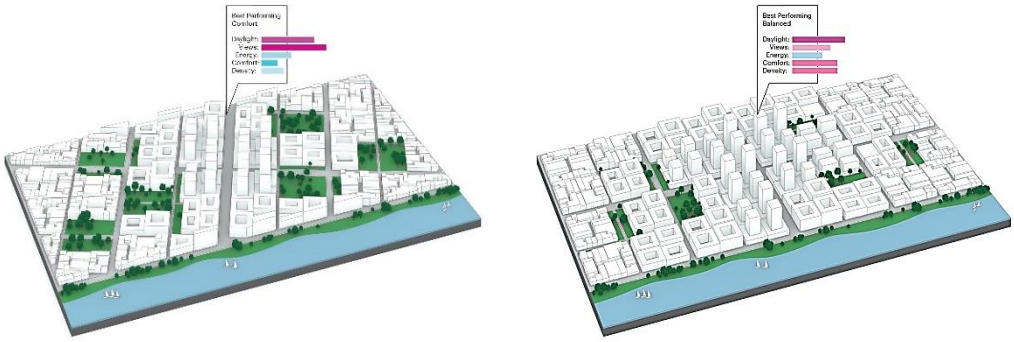


Фиг. 3. Urban Code Project – Architecture faculty, Tel Aviv University – схеми, показващи промяната в типологията на застрояване в зависимост от различни фактори – разстояние от натоварени улици, топография, интеграция на зелени площи и др., източник: [10]

Жилищната архитектура е резултат от рационален анализ на точни параметри и ограничения. Конфигурирането на пространствата и функционалните връзки между съставните елементи почиват на ясна логика. Композиционните принципи на изграждане са свързани с модулност, повторяемост, подобие, мултиплициране, вариантност и комбинаторика. Тези характеристики са валидни на всички нива – град, квартал, сграда или жилище. Изследването на морфологията на застрояване и намирането на най-подходящата конфигурация – периметрална или свободна, линейна или пунктова, е първата стъпка за интегриране на новото застрояване в съществуващата урбанистична среда. Този процес може да бъде автоматизиран, като в рамките на зададените устройствени параметри – плътност, интензивност, озеленяване и др., климатичните особености или релефа, могат да се генерират множество варианти на обемни решения и бързо да се оценят предимствата и недостатъците им (фиг. 3). Психологически фактори като комфорт, естествена светлина, ослънчаване, визуален контакт, заедно с качествени показатели като устойчивост, ефективност, достъпност, комуникативност и др., дават критериите за избор на окончателно решение.

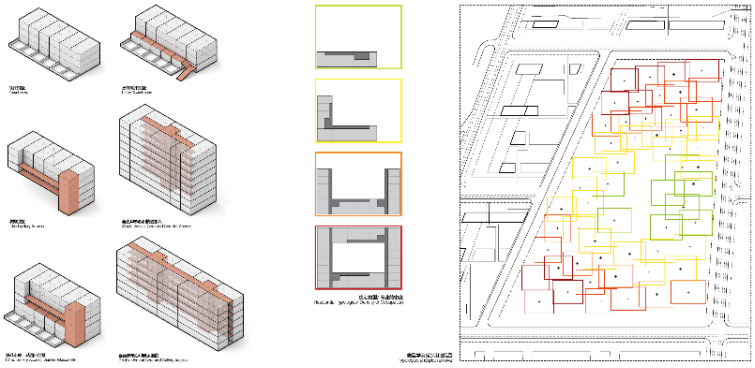
С помощта на генеративен дизайн архитектите от KFP генерират хиляди итерации на застояване за определена жилищна територия. Итеративното изследване на модела позволява на проектантите да определят кои схеми се представят най-добре по отношение на различни показатели като ослънчаване, гледки, консумация на енергия, комфорт, плътност и др., като същевременно преценяват баланса на необходимите компромиси. (фиг. 4) [11].

Структурата на застроените обеми има пряка връзка с организацията на жилищните единици и начините за достъп до тях. Изпробването на различни композиционни схеми – секционна, коридорна, галерийна, атриумна, терасовидна и т.н., дава информация за това коя от тях е най-подходяща за съответния терен, в зависимост от поставената цел – застроена площ, брой на жилищата, автономност, достъпност, контакт с природата или друго. Възможно е комбинирането на различни схеми да се окаже удачен вариант. Автоматизираният анализ на алтернативни начини на свързване на жилищните единици – по хоризонтала и по вертикала – бързо показва случаите, в които има най-добро ослънчаване, естествена вентилация, връзка с природата или уединение. Може лесно да се прецени къде съотношението между качество и ефективност е най-добро.



Фиг. 4. Анализ на итерациите на обемно пространствено решение с помощта на уеб базирана платформа за визуализация на данни, разработена от KFP, източник: [11]

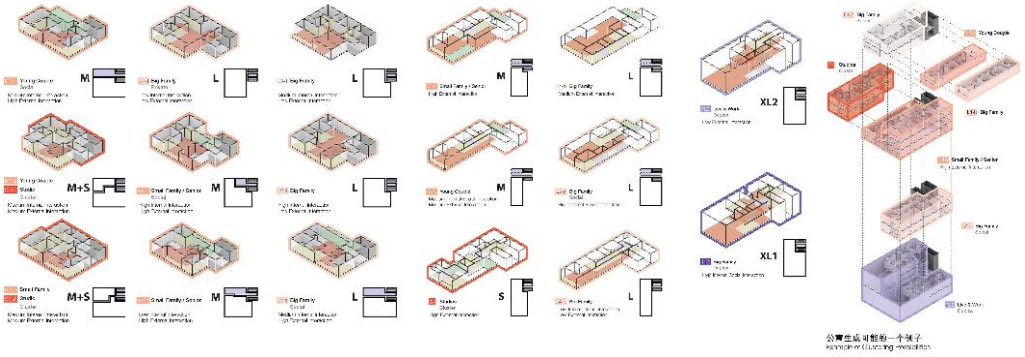
В проекта East Gardens, под ръководството на Van Ameijde, генеративният дизайн е използван, за да се изследват възможностите за комбиниране на различни жилищни типове, така че да се получи подходящ микс от жилища за различни социални групи. Създадена е система от правила, които контролират определени ключови параметри като задание за проектиране, планови регулации и някои екологични критерии като слънчева светлина, гледки и ориентация на жилищата. Типологията на сградите включва жилищни кули, малкоетажни жилищни блокове и градски къщи с индивидуален достъп. Те са организирани около повече или по-малко затворени вътрешни дворове, които създават възможност за създаване на връзки в рамките на по-малки общности в квартала. Тяхното разположение зависи от отдалечеността им от границите на имота, главните улици и кръстовища и др. Елиминирани са решенията, които затрудняват проходимостта, ориентацията и социалната свързаност в квартала (фиг. 5) [12].



Фиг. 5. Автоматично генерирано разположение на различните жилищни типове, в съответствие с основната концепция, източник: [12]

Погледнато в по-близък план, самото жилище е съставено от компоненти, чието съдържание и физически параметри са пределно ясни. С помощта на компютъра те могат да намерят своята най-добра функционална и пространствена организация в границите на определени очертания, чрез генериране на множество възможни варианти, които отговарят на дадената цел. Промяната на геометрията в план автоматично води до трансформация на пространствените взаимоотношения между елементите до намирането

на най-подходящата за даденото жилище конфигурация. Всяка промяна на параметри от което и да е ниво на проекта – урбанистично, функционално или композиционно, се отразява автоматично върху останалите, без да се налага връщане към началните фази. Разпределенията на жилищата в проекта East Gardens са създадени с помощта на персонализиран генеративен процес, който създава серии от различни апартаменти, произтичащи един от друг, така че да отговарят на различни жилищни нужди и начин на живот. Различните типове са разработени на базата на обща модулна структурна система, което позволява фабричното им изпълнение (фиг. 6).



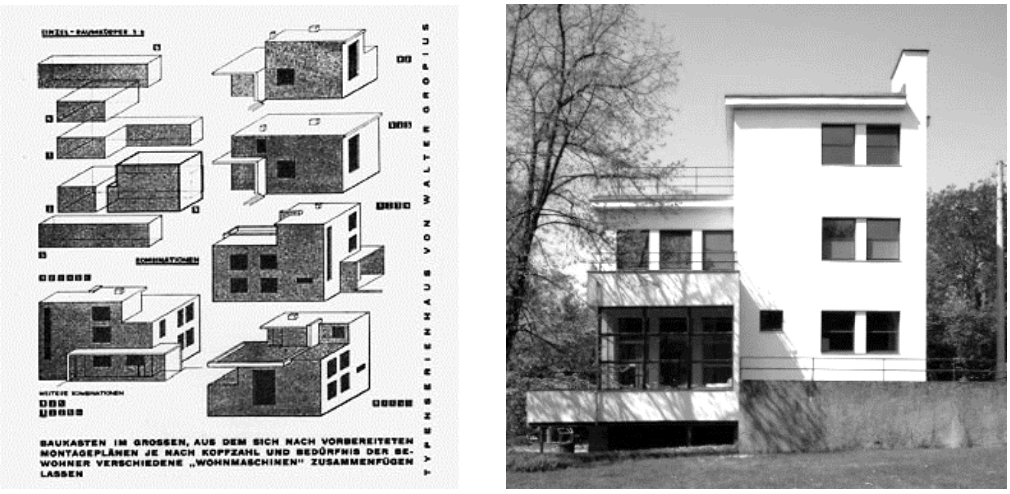
Фиг. 6. Автоматично генерирани разпределения на серии от апартаментни типове, източник: [12]

Алгоритмичното проектиране е инструмент в ръцете на проектанта, който спестява трудоемкия и бавен процес на обработка на множество данни, и изисква сериозни познания в различни области. Той му дава много по-големи възможности да се съсредоточи върху творческата страна на процеса, без да бъде ограничаван от техническите си способности или от невъзможността да обхване цялата необходима информация. За разлика от традиционния метод на проектиране, който е субективен, интуитивен и в голяма степен зависи от таланта, опита и квалификацията на проектанта, работата с алгоритми дава обективна информация за всички възможни решения. Умението да се подберат точните параметри и ограничения за даден проект, приемането или отхвърлянето на варианти и изборът на едно от стотиците целесъобразни решения, създадени от машината, го превръща в творчески акт.

4.3. Въздействие на цифровите технологии върху изпълнението. Нови технологии и строителни материали. Индустриализация и масова персонализация

Бързото развитие на параметричния дизайн и цифровизацията на изпълнението поставят въпроса за преосмисляне на индустриализираните методи на строителство в жилищната сфера, които носят потенциала за повишаване на качеството и достъпността на сградите в съвременния свят. Решаването на проблемите на индустриализираното строителство на 20-и век чрез адаптиране на масовото жилище към индивидуалните нужди на хората е път към тази цел. Още в началото на миналия век Валтер Гропиус вижда недостатъците на серийното производство, чиято продуктивност се основава на затворен цикъл, повторяемост и мултиплициране на едни и същи елементи [1313]. За да се справи

с унификацията, той въвежда строителните каталози на индустриално произведени елементи, които могат да бъдат сглобяване в различни, но състоятелни като структура и естетика комбинации, така че да се получат разнообразни жилищни единици (фиг. 7). В следващите десетилетия масовото производство на сглобяеми строителни елементи постига безспорен успех, но бедната номенклатура и липсата на флексибилност предизвикват провала на тази идея. Всеки опит за разнообразяване на сериите и обогатяване на номенклатурите води до необходимост от изграждане на нови поточни линии и значително оскъпява производството. Веднъж създадена, поточната линия не може да бъде преконфигурирана, а големият обем непласирана продукция изисква много място за складиране. Гъвкавите модулни системи и т.нар. „отворена типизация“ така и не успяват да направят пробив в масовото индустриализирано жилищно строителство.



Фиг. 7. Haus Auerbach, W33, 1924, Йена, Германия – Валтер Гропиус – строителна серия от монтажни елементи с възможност за сглобяване в различни конфигурации, източник: [14]

Съвременният генеративен дизайн придава нов смисъл на опитите за рационализиране на жилищната архитектура без унифициране на елементите, като възражда идеите за съчетаване на ефективност и гъвкавост на едно по-високо технологично ниво. С развитието на цифровите технологии връзката между проектиране и производство придобива качествено нови измерения. Параметричното моделиране позволява рационализиране на геометрията на сградата, лесни корекции и координация между различните части на проекта. Това дава възможност да се решат сложни проблеми на изпълнението още на проектно ниво, за да се намалят загубите от преразход на материал и да се ограничат производствените разходи. Изготвянето и актуализирането на цялата документация, необходима за реализирането на обекта, се извършва бързо и ефективно, а данните се изпращат директно към машините за производство. Създаването на нови материали с помощта на био- и нано-технологии и развитието на съвременни методи на строителство като 3D принтиране, роботизиране, CNC (Computer numerically controlled) фрезуване, лазерно рязане и др., все по-често намират реално приложение, макар и на експериментално ниво. Тайс Айселберг от ТУ Делфт смята, че дигитализацията може да стане ключ към една промяна, от която всички участници в строителната индустрия могат да спечелят, тъй като *„дигитализацията на процесите и анализът на*

данните позволяват развитие и иновации, при запазване на пълен контрол върху разходите, проектирането и поведението на сградите" [15].

Грег Лин е един от пионерите в изследването на възможностите за създаване на фамилии от елементи, с един и същи морфологичен генезис, но с различна форма и начини на комбиниране. Целта му е да актуализира остарялата концепция за създаване на жилище по каталог, който включва определен набор от елементи с ограничен брой възможности за комбиниране. В проекта си *Embryological House (1997 – 2001)* [16] той създава прототип на жилище с биоморфна структура, от която могат да произлязат безкраен брой итерации на формата, генерирани въз основа на определени правила. Макар и на концептуално ниво, експериментирането с нестандартни архитектурни форми ясно показва възможността за проектиране на обекти, които могат да имат своята индивидуална специфика, без да се различават принципно в структурата си или основния си код на формообразуване. Лин реализира модели на всяка от итерациите на своите къщи с помощта на CNC технология, за да докаже, че с усъвършенстване на съществуващите автоматизирани методи, които осигуряват по-ниска цена на изпълнението, могат да бъдат създадени уникални версии на жилища, които да задоволят индивидуалните желания на потребителите.

Персонализацията на производството е част от общата тенденция за възстановяване на изгубената през последното столетие връзка между продукт и потребител, която цели оптимизиране на производството и намаляване на нереализираната на пазара негодна продукция. Персоналното отношение към клиента не е новост, но се превръща в успешна стратегия за масовите производители след 80-те години на миналия век. Предлагането става гъвкаво, за да удовлетвори различните и бързо променящи се потребителски изисквания. Целта е създаване на разнообразни продукти, предназначени за индивидуални потребители, с високо качество, но на достъпна цена. Цифровизацията на производството дава възможност за масово производство на персонализирани изделия, изработени по поръчка. Тази тенденция е факт в повечето отрасли на леката промишленост, услугите и автомобилостроенето, но трудно си пробива път в производството жилища [17].

Съчетаването на предимствата на индустриализираното производство като бързина, ефективност и ниска себестойност, с качествата на индивидуално проектираното жилище като адекватност, адаптивност и разнообразие, стои в основата на идеята за персонализация на масовото жилище. В най-общия смисъл това означава проектиране и строителство на жилища, които отговарят на специфичните изисквания на различните обитатели, и притежават необходимата гъвкавост, за да може да се адаптират към променящите се нужди на хората в хода на жизнения им цикъл. Постигането на по-голяма удовлетвореност повишава ефективността на вложените средства. Традиционните методи на проектиране и строителство трудно могат да осигурят качество на ниска цена. Масовото производство на стандартизирани типови елементи значително понижава разходите, но ограничава разнообразието на жилищата и възможностите за избор. Проектирането на дом по поръчка отчита всички специфични изисквания на индивидуалния клиент и създава уникален продукт, но на висока цена.

Генеративният дизайн позволява създаването на структури, изградени от части, които са подобни, без да са идентични. Те могат да варират в предварително определените граници, без да нарушават композиционното и структурното единство, основано на програмния код. Разкомпозирането на жилището или сградата на отделни модулни компоненти или подсистеми позволява сглобяването им по множество различни начини, в съответствие с нуждите на потребителя, в рамките на ясна система за конфигуриране. Изработването им във фабрични условия гарантира качество и прецизност, а дигитализацията на производството позволява лесно преконфигуриране на системите и

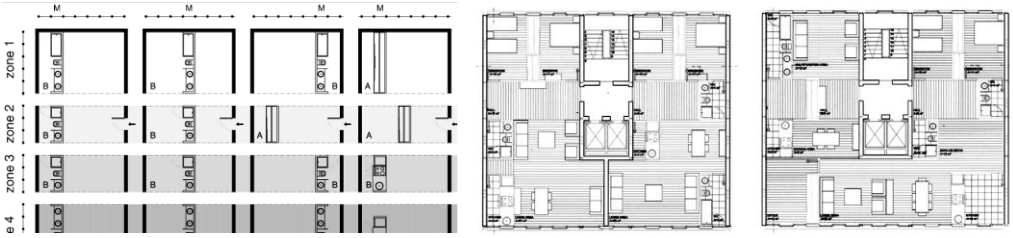
прогнозируемост на необходимата продукция. Тази симбиоза дава възможност жилищата да бъдат персонализирани от своите обитатели, без да се излиза от общата функционална, естетическа и нормативна логика, нито от производствените възможности на строителната система.

Toyota Homes, създадена през 1970 г., е сред първите компании, приложили на практика тази идея. Подобно на автомобилното си производство, компанията успява да интегрира проектирането, изработката и монтажа на жилищни сгради, като създава система за конфигуриране на предварително проектирани модули. Предлага се богата гама от различни компоненти, от които потребителят може да избира, за да „създаде“ жилище според собствените си нужди и вкус. С помощта на сътрудник клиентът „сглобява“ модулните елементи, които се свързват по различен начин според определена система от правила. Готовата конфигурация автоматично се препраща в завода за изпълнение, а строителните процеси на обекта са избегнати в максимална степен. През следващите десетилетия *Toyota Homes* развива и усъвършенства системата в посока към намаляване на негативното въздействие върху околната среда и редуциране на въглеродните емисии, като гарантира устойчивостта на своите модулни жилища за период от минимум 30 г. (фиг. 8) [18].

Фиг. 8. Сглобяеми къщи с високо качество и ефективност, изпълнени по строителната система на Тойота, източник: [19]

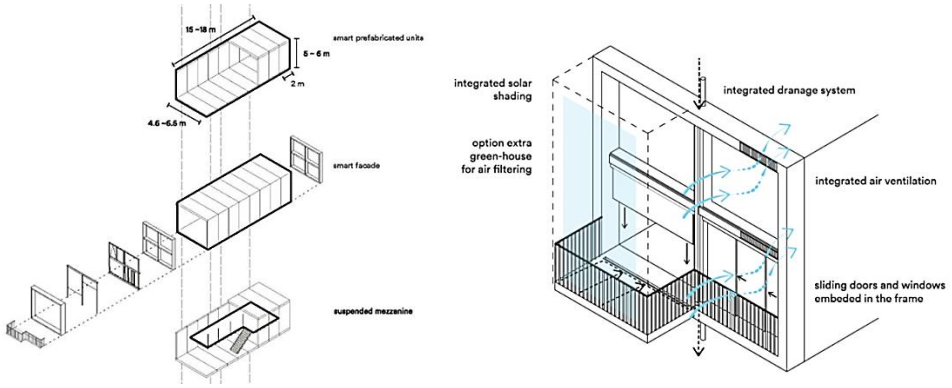
Опитите да се създаде производство, което да има достатъчно богата номенклатура от елементи, кара британската фирма *Arup Group* да създаде през 2009 г. експериментална система за жилищно строителство, базирана на продуктите на *Kingspan*, която да позволи масово производство на персонализирани жилища. Това е системата *ABC*, в която изискванията към жилищата и възможностите на строителната технология са идентифицирани, систематизирани и преведени на програмен език [20]. Тя успява да избегне недостатъците на други прекалено усложнени методи, като съчетава стандартизираните елементи на строителната система с точно определени принципи за проектиране, включително пространствени съотношения, функционалност, конструктивна устойчивост и др. *ABC* представлява система за параметрично проектиране, която има за цел създаването на прост и практически приложим метод за изграждане на достъпни жилища. На ниво идеен проект, той помага за визуализирането на различните решения и комуникирането им с бъдещите обитатели. В следващия етап той улеснява и ускорява изработването на техническия проект, включително спецификации, количествени сметки и чертежи за изпълнение. В етапа на строителство системата позволява автоматизирано производство на диференцирани строителни елементи, без да има излишък или нужда от презапасяване. За разлика от традиционните

методи на проектиране и изпълнение, тя спестява време и позволява много по-висок контрол на разходите и качеството.



Фиг. 9. Схема на зониране и разположение на обслужващите помещения и резултатът като варианти на разпределения, източник: [20]

Сградата е разделена на зони – периферна зона, включваща жилищните помещения (спални, дневни, кабинети) и откритите пространства към тях (тераси, зимни градини, дворове), и вътрешна зона, където са съсредоточени обслужващи (кухни, бани, перални, складове) и комуникационни (коридори, стълби, вестибюли) помещения. Големите подпорни разстояния позволяват гъвкавост, а затворените фабрично изготвени функционални елементи играят ролята на прегради, около които преливат жилищните пространства. Разположени напречно на фасадите, те осигуряват светлина в дълбочината на помещенията. Въпреки създадените ограничения, системата позволява 1470 различни варианта на основните разпределения или 540 225 варианта на етажни разпределения (фиг. 9).



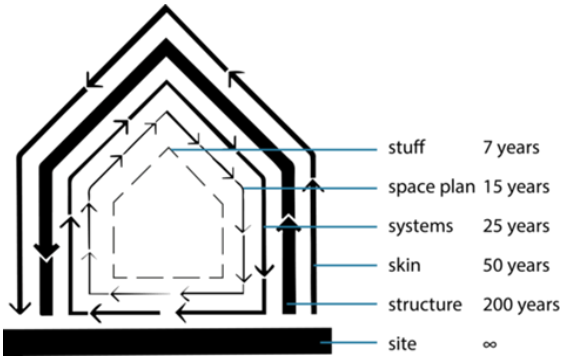
Фиг. 10. Стандартизирани компоненти на сградата „Суперлофтс – Хаутхавенс“ в Амстердам, 2017, Марк Кьолер архитекти, източник: [21]

Подобен подход предлага нидерландският арх. М. Кьолер в серията сгради *Superlofts – Houthavens* в Амстердам и *Blok Y* в Утрехт [21]. Модулната мрежа е основен организиращ фактор, който позволява носещата конструкция на сградата да се изпълни от стандартни подови и стенни панели. Подходящо избраните междуосови разстояния дават възможност за оформяне на разнообразни жилища с различна ориентация и площ от 60 до 130 m^2. Бъдещите обитатели могат да конфигурират разпределението на своя дом с помощта на електронна платформа, създадена специално за целта. Размерът на модула дава възможност за хоризонтално и вертикално разделяне на жилището с леки преградни стени и междуетажни конструкции от слепена дървесина. Вътрешният дизайн, обзавеждането и технологичното оборудване зависят изцяло от възможностите и

вкусовете на потребителя. Разполагането на общите инсталации на сградата централно освобождава периферията за жилищни помещения и позволява създаването на разнообразни планови схеми. Отворените и свързани пространства създават усещане за светлина и простор. Отделянето на носещите от неносещите интериорни елементи помага не само за персонализиране на разпределенията, но и за бъдещи трансформации на жилището в хода на променящия се жизнен цикъл на обитателите (фиг. 10).

Фиг. 11. Изглед на сградата „Суперлофтс – Блок Y“ в Утрехт, арх. М. Кьолер, 2017, източник: © Stijn Poestra

Оформянето на фасадите е възможно да бъде индивидуализирано в рамките на определен набор от разнообразни стандартизирани елементи. Всеки може да избере подходящата конфигурация от отворени или остъклени тераси, зимни градини, растер на витрините, парапети, ролетни щори, декоративни елементи, прегради, перголи и др. Индустриалното изпълнение и стандартизацията дават възможност не само за прецизно изпълнение на детайлите, но помагат за прилагането на високотехнологични иновативни решения, като интегрирани във фасадата вентилация, отводняване и автоматизирани слънцезащитни щори, соларни панели и др. Организиращата модулна мрежа създава единен и хармоничен архитектурен образ, независимо от разнообразните комбинации от фасадни елементи (фиг. 11).



Фиг. 12. Схема на Ст. Бранд – компонентите на сградата и тяхната дълготрайност

И двете описани системи прилагат на практика концепцията на нидерландския архитект Джон Харбракен за т.нар. „отворено строителство“ („Open Building“) като алтернатива на стандартизираното масово жилищно строителство (фиг. 12). Тя се състои

в разделянето на сградата на отделни компоненти – конструкция, сградна обвивка, инсталации, вътрешни разпределения, обзавеждане и оборудване, които могат да бъдат изпълнявани по различно време, имат различна степен на пространствена определеност, функционална необходимост и дълготрайност. Модулната мрежа позволява различни начини за изпълнение на конструкцията на сградата от сглобяеми елементи в комбинация с разнообразни фасадни системи. Отделни части от оборудването и инсталациите в сградата, които са с по-кратък живот, могат да бъдат подменяни и модернизирани, без да се нарушава целостта на по-дълготрайните носещи елементи.

Отворените системи за индустриализирано жилищно строителство позволяват индивидуализиране на жилището в съответствие с конкретните потребности на обитателите, на достъпна цена, в определен момент от техния житейски път. Най-ценното предимство на този подход е възможността за постепенна адаптация на сградата към промените в техническото ѝ състояние, повишаващите се изисквания към енергийната ефективност и техническата обезпеченост, или различните жилищни нужди, породени от социалната динамика в начина на живот, големината и вида на домакинствата.

5. Заключение

Въздействието на цифровите технологии върху жилищната архитектура днес засяга всички аспекти на процеса от инициирането на проекта, през генерирането на идеи и проверката на тяхната целесъобразност, взаимодействието с потребителите, до изпълнението, поддръжката и модернизирането на жилищата. Дигиталните технологии позволяват изследване на безкрайното многообразие от взаимовръзки между функция и форма, за да може архитектурният обект да постигне максимално адекватно изпълнение на своето предназначение. Рационализирането на процесите на проектиране и строителство в жилищната сфера има силен социален ефект. Генеративният дизайн, съчетан с цифровизацията на производството и внедряването на високи технологии разкриват нови перспективи пред сглобяемото жилищно строителство. Възможностите, които информационната ера дава за съчетаване на бързината и ефективността на индустриализираното производство, с неограничения избор от възможни архитектурни решения, дават сериозна надежда, че дългогодишната мечта за създаване на качествени и достъпни жилища, индивидуализирани спрямо нуждите на обитателите си, е постижима.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Likov, Y.* Ornament, fasada, arhitekturna povyrhnost. Studio 17,5-M, 2021, ISBN: 978-619-91978-0-6.
2. *Withers, St.* Novata zora: Metamodernism. https://www.kultura.bg/, poseten na 21.05.2022.
3. *Le Corbusier* Vers Une Architecture, L'esprit nouveau, 1923.
4. *Jencks, Ch.* The Language of Post-Modern Architecture, 1977.
5. *Vermeulen, T., van den Akker, R.* Notes on metamodernism, // Journal of Aesthetics and Culture, 2017.
6. https://www.wikihouse.cc/, poseten na 22.12.2022.
7. *Georgiev, B.* To BIM or not to BIM ili kakvo e "informacionen model na sgradata" i ima li toj pochva u nas, CIO, бр. 8, 2013.
8. https://www.archdaily.com/64581/parametricist-manifesto-patrik-schumacher, poseten na 21.05.22.

9. *Claypool, M.* The Digital in Architecture: Then, Now and In the Future. SPACE10. 2019. https://space10.com/project/digital-in-architecture/, poseten na 25.05.2022.
10. https://www.grasshopper3d.com/video/parametirc-urban-design-urban-code-project, poseten na 16.12.2022.
11. https://ui.kpf.com/smarter-city, poseten na 10.12.2022.
12. *Ameijde, Jeroen van.* NON-STANDARD HOUSING Exploring Generative Design Strategies for Differentiated Residential Projects. 2019.
13. *Seelow, A.* The Construction Kit and the Assembly Line – Walter Gropius' Concepts for Rationalizing Architecture, 2018.
14. https://www.design-is-fine.org/post/64594430176/walter-gropius-haus-auerbach-w33-1924-jena, poseten na 22.12.2022.
15. https://www.openbuilding.co/thijs-asselbergs-architectuurcentrale, poseten na 25.05.2022.
16. https://www.cca.qc.ca/en/articles/issues/4/origins-of-the-digital/5/embryological-house, poseten na 12.03.2022.
17. *Nanova, M.* Masovoto jilishte v errata na digitalnite tehnologii. X International Scientific Conference ArCivE, 2021.
18. *Barlow and Ozaki.* Building mass customised housing through innovation in the production system: lessons from Japan. Environment and Planning, 2003.
19. https://www.piston.my/2020/01/07/toyota-to-build-a-prototype-city-of-the-future-in-japan-wvideo/, poseten na 29.12.2022.
20. *Benros, D., Duarte, J. P.* Automation in Construction 18 310 – 320, 2009.
21. https://www.archdaily.com/892160/superlofts-marc-koehler-architects, poseten na 13.04.2021.
22. https://www.openbuilding.co/manifesto, poseten na 13.04.2021.

ARCHITECTURE AND TECHNOLOGIES – NEW PERSPECTIVES TO RESIDENTIAL ARCHITECTURE

M. Nanova[1]

Keywords: *architecture, technology, digital, housing, industrialized, affordable*

ABSTRACT

The paper refers to the impact of the new digital technologies on residential architecture. It explores the ongoing changes in the design and communication methods, as well as the new opportunities to integrate the efficient manufacturing techniques with personalized architectural solutions, according to the people's needs. The implementation of generative design tools, robotic fabrication, and advanced building materials is considered in the context of the opportunities to create high quality, adaptive and affordable housing, individualized according to the needs of its inhabitants.

[1] Milena Nanova, Assoc. Prof. Dr. Arch., Dept. "Residential buildings", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: m_nanova_far@uacg.bg