



Получена: 08.03.2018 г.

Приета: 26.10.2018 г.

СРАВНИТЕЛЕН ПРЕГЛЕД НА ФУНКЦИОНАЛНОСТИТЕ НА СОФТУЕРНА ПЛАТФОРМА BENTLEY SYSTEMS ЗА МОДЕЛИРАНЕ И АНАЛИЗ НА СТРОИТЕЛНИ КОНСТРУКЦИИ

Тр. Цветкова¹, Т. Филев², М. Кутева-Генчева³, Кр. Бошнаков⁴

Ключови думи: СИМ, софтуерна платформа Bentley, обучение в УАСГ по СИМ

РЕЗЮМЕ

Функционалностите на софтуерна платформа Bentley Systems са представени накратко в аспекта на строително-информационното моделиране. Коментирани са предимства и предизвикателства, свързани с възможностите за обучение, самообучение и приложение на тези продукти от студентите в УАСГ. Представени са функционалностите на специализирания продукт за моделиране и анализ на строителни конструкции StaadPro. Представени са резултати от сравнителен анализ на приложението на StaadPro и някои други програми при решаване на тестови пример за студентски проект.

1. Въведение

СИМ е нова концепция в строителната индустрия, която се определя като съвкупност от програми с различни инструменти, използвани в проектирането, производството и накрая в управлението на строителните обекти. СИМ обхваща обектно ориентирани модели, които съдържат информация за сградата по време на строителния процес [1]. Съществено условие за ефективната стратегия за внедряване на СИМ софтуера е

¹ Траяна Цветкова, студентка, УАСГ, Строителен факултет, e-mail: terry1607@abv.bg

² Тодор Филев, студент, УАСГ, Строителен факултет, e-mail: totfil@gmail.com

³ Михаела Кутева, доц. д-р инж., кат. „Автоматизация на инженерния труд“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: kouteva_fce@uacg.bg

⁴ Красимир Бошнаков, гл. ас. д-р инж., кат. „Автоматизация на инженерния труд“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: krabosh_fce@uacg.bg

адаптацията на процеса на проектиране на конструкцията към съответната технология. Тя трябва да е съпроводена с обширно техническо разбиране на възможностите на различните софтуерни приложения. Използването на СИМ в строителното проектиране включва избор на подходяща платформа. Освен характеристиките на вътрешния капацитет на софтуера за СИМ, трябва да се вземат предвид и оперативната съвместимост, стандартите за данни и комуникацията между софтуера.

2. Накратко за функционалностите на платформа Bentley Systems в аспекта на строително-информационното моделиране

Bentley Systems разполага с богат набор от функционалности за създаване, съхранение и споделяне на информация за строителните обекти. Облачната услуга „Център за компоненти“ предоставя компоненти, СИМ стандарти и друго съдържание, което може да се използва при моделирането и проектирането на строителните конструкции, и при управлението на оперативните работни потоци. Всяка информация може да бъде свързана със съответен компонент, включително спецификационни и информационни листове за производителя, осигуряващи пълен и единствен източник на информация за всеки компонент. Тази услуга позволява на потребителите директен достъп до съдържание на каталози в Центъра за компоненти. Организациите и отделните работни екипи могат също така да създават свои собствени каталози, изготвени от Bentley, с предоставено от производителя съдържание или чрез добавяне на собствено съдържание.

2.1. Приложно програмно осигуряване (ППО) за моделиране на строителни конструкции и инженерни системи



Фиг. 1. Участници и ползватели на СИМ

Възможностите за разширено параметрично 3D моделиране на MicroStation позволяват на специалистите от инфраструктурата във всяка дисциплина да обедини работата си в разнообразни модели и проекти, създадени със СИМ приложенията на Bentley Systems. MicroStation е инструмент, с който работният екип създава изчерпателни мултидисци-

плинарни строително-информационни модели, съответна техническа документация и други информационни продукти. Това универсално приложение за моделиране позволява лесна комуникация и възможност за интелигентно споделяне на резултати при поддържане на целостта на данните. MicroStation и всички СИМ приложения на Bentley Systems са информационно съвместими в общата платформа за моделиране. Всеки член на екипа на проекта разполага със съответния специализиран програмен продукт за изпълнение на своите задължения и конкретни работни задачи (фиг. 1).

2.2. Мултидисциплинарно ППО за проектиране на сгради

AECOSim Building Designer предлага една практически неограничена среда за проектиране, в която отделните участници в екипа могат да създават, съхраняват и споделят строително-информационни продукти. Средата е удобна за работа с разнообразни модели на строителни конструкции с различна по сложност геометрия – от прости до много сложни геометрични модели на сгради, съоръжения и инженерни системи. AECOSim Building Designer осигурява общ набор от инструменти и работни потоци за сътрудничество и споделяне на информацията между архитекти, строителни инженери и специалисти по различни инженерни инсталации.

AECOSim Building Designer работи в пряко взаимодействие с инструменти за откриване на конфликти между различните части на проекта. Работата в режим на споделяне на маркираните проблемни точки в модела и съответната документация с екипите води до минимизиране на грешките в проекта. Интегрирането на AECOSim Building Designer с различните приложения на Bentley Systems за анализ на строителни конструкции, включително ProStructures, позволява моделиране, анализ, проектиране и планиране на строителството на метални, бетонови, стоманобетонови и дървени строителни конструкции, както и на отделни конструктивни компоненти. AECOSim Building Designer е изключително полезен и силен инструмент в помощ на проектантите на ВиК сградните мрежи и различните инженерни инсталации [2]. Работата със СИМ платформите дава възможност за създаване, работа и разпространение на висококачествени и надеждни документи, извлечени директно от създадения интелигентен модел на проектираната сграда. Всички специалисти разполагат с актуална графична информация и съответни спецификации на връзките, инженерни изчисления и документация на оборудването за модели и чертежи за поддръжка на сградните операции. ППО от типа на AECOSim Building Designer разполагат с инструменти за генериране на реалистични изображения от висок клас без нужда от допълнителен софтуер. Използването на този програмен продукт дава възможност за създаване на ефективни сгради чрез симулиране на сградите и бързо и прецизно моделиране и проучване на различни възможности за по-нататъшно усъвършенстване на разработения модел, както и за разработването на алтернативни вариантни решения.

2.3. Моделиране, анализ и проектиране на строителни конструкции с инструментите на софтуерна платформа Bentley Systems

Наборът програмни продукти на платформата Bentley Systems включва софтуер с различни функционалности, които могат да бъдат използвани за моделиране, анализ и проектиране на много широк спектър строителни конструкции. Интелигентното автоматизиране на инженерния труд дава възможност за обмисляне, разработване и оценка на различни вариантни решения на съответната задача – конструктивна схема, изчислителен модел, различни материали при текуща синхронизация на данните за модела с всички участници в работния екип. Това ППО включва софтуер за моделиране и проек-

тиране на строителни конструкции и интегриран софтуер за структурните работни процеси на проекта.

Продуктовата линия на Bentley Systems за моделиране и анализ на строителни конструкции включва две фамилии продукти – STAAD и RAM. STAAD.Pro V8i позволява провеждането на изчерпателен интегриран анализ на строителни конструкции и отделни елементи при използване на съвременен графичен потребителски интерфейс и инструменти за визуализация. Функционалностите на програмата предлагат анализ на строителна конструкция, подложена на статично натоварване, динамични товари, вятър, земетресение и движещи се товари. STAAD.Pro V8i е един съвременен инструмент за анализ на строителни конструкции, базиран на метода на крайните елементи (МКЕ) и проектиране на различни типове строителни конструкции, включително кули, индустриални сгради, мостове, стадиони, морски и инфраструктурни съоръжения [3]. STAAD.Pro V8i предлага изключително гъвкава среда за моделиране. Иновативният графичен интерфейс позволява бързо и лесно усвояване на работата с програмата от нови потребители. STAAD.Pro V8i е инструмент за анализ и проектиране с отворена архитектура. Той осигурява оперативна съвместимост с различни програмни продукти – от простото импортиране на CAD модели до създаването на персонализирани връзки и разработването на приложения от трети страни чрез OpenSTAAD. В продукта има вграден VBA Macro редактор. При интеграция с ProjectWise® V8i моделите създадени със STAAD.Pro V8i могат да станат част от интегрирания работен процес и могат да бъдат ефективно управлявани с водещата система за сътрудничество по проекти. RAM Modeler осигурява създаването на 3D модел на цялата конструкция, включително покривни и подови натоварвания; греди, колони, връзки, стени; и характеристики на плочата, отворите и краищата. Софтуерът осигурява лесни за използване функции за генериране на графични модели. Фамилията RAM Structural System включва четири специализирани модула за проектиране: RAM Steel (моделиране и проектиране на стоманени конструкции – цяла конструкция); RAM Concrete (изчисляване на количества армировка за рамки, натоварени с гравитационни и напречни товари); RAM Frame (анализ на рамки и стени за ветрови и сеизмични натоварвания) и RAM Foundation (проектиране, оценка и анализ на различни фундаменти). Платформа Bentley Systems предлага и ефективния инструмент ProStructures (ProSteel и ProConcrete) за създаване на точни триизмерни модели за конструктивна стомана, металообработка и стоманобетонни конструкции. Продуктът работи с персонализирани потребителски стандарти и осигурява отворена работна среда. ProStructures позволява създаване на конструктивни чертежи, работни детайли и графици, които се актуализират автоматично при въвеждане на промени в триизмерния модел.

2.4. Софтуер за преглед и разрешаване на проблеми и несъответствия между отделните части на проекта

През платформа Bentley Systems са достъпни мобилни и настолни приложения за преглед и проверка на работните процеси. Те осигуряват достъп до пълните данни, модели и информация за проектите, когато и където е необходимо. Работата с програмното приложение Navigator допринася за навременно вземане на подходящи информирани решения през целия жизнен цикъл на проекта при намален риск за проекта. Възможността за отстраняване на конфликтни точки в проекта преди фазата на строителство подобрява координацията на проектите и ускоряването на сътрудничеството в рамките на строително-инвестиционния проект чрез по-бързо и надеждно разрешаване на проблемите от персонала на терен. Този тип софтуер дава възможност за строителна симулация и сътрудничество между офис, обект и област, с цел получаване на ясна представа

за планирането и изпълнението на проектите. Navigator е програмен продукт, който дава възможност за мобилен преглед на строително-информационния модел и съвместна работа. Работата с Navigator на мобилно устройство (iOS, Android или Windows) подобрява качеството и темпото на комуникациите и допринася за ускоряване на одобренята по време на проектирането, конструирането и операциите.

2.5. Управление на информацията за проекта и сътрудничество като облачна услуга

Съвременното ППО за управление на информацията за даден проект дава възможност за едновременно използване на персонални компютри, таблети или мобилни устройства като така осигурява ефективна работа на участниците в проекта, за да работят ефективно. Програмното приложение ProjectWise обединява работна група за координация на проектирането, базирана на организационни и проектни работни процеси или индустриални стандарти като BS1192. С изданието CONNECT, функционалностите на ProjectWise надхвърлят координацията на проекта и осигуряват цялостното споделяне на работните места и възможност на екипа по проекта да си сътрудничи по време на целия жизнен цикъл на изпълнение на проекта. Информацията и резултатите са достъпни при поискване за по-добра производителност и увеличена прозрачност за комплексното изпълнение на проекта. Продуктът отговаря на златния стандарт за интегриране на инженерното проектиране и сътрудничество за мултидисциплинарни екипи, независимо от географското им разположение.

2.6. Интелигентно планиране и прилагане на стратегии за ефективност и надеждност на активите

AssetWise осигурява информирана подкрепа за вземане на решения от капиталово планиране чрез проактивна поддръжка на активи, което позволява смекчаване на риска, увеличаване на оперативната ефективност и осигуряване на съответствие с нормативните изисквания. AssetWise предоставя информация, подлежаща на обжалване, която поддържа бизнес процесите и управлява ефективността на инфраструктурните активи. В съответствие с концепцията на строително-информационното моделиране и ISO стандартите за управление на активите, AssetWise, помощта на AssetWise CONNECT Edition, се използва свързана среда за данни, за да улесни взаимодействието на множество източници на данни, осигурявайки общ поглед върху данните, предоставящи точна и надеждна информация, необходима за различни дейности от поддръжка и инженеринг.

3. Информационна/оперативна съвместимост

Оперативната съвместимост е критичен проблем за потребителите на софтуер за проектиране и инженеринг, който често се разглежда като липсващата връзка между различните софтуерни системи, наличието на която позволява ефективна съвместна работа на различните системи и организации. Една оценка показва, че потребителите могат да имат загуби от преки разходи от почти 16 милиарда долара годишно поради загуба на време, поради неадекватна оперативна съвместимост на софтуера, използван в архитектурно-строителния сектор [4]. Осигуряването на оперативна съвместимост позволява възможно най-добро споделяне на общи обекти, геометрия и свойства между различните

приложения като се изграждат общи 3D модели или се дефинират информация и геометрия в една система, която да се използва в друга. Пример за това е 3D модел на сграда или съоръжение от приложението за моделиране, което се прехвърля и използва от системата за анализ и проектиране. Оперативната съвместимост се осъществява чрез проектиране на директни връзки между различните програмни приложения или индиректно чрез универсални файлови формати.

Една възможност за обмен на информация за строителната конструкция (SI Xchange) е директната пряка връзка, Revit – STAAD, която позволява обмен на данни между Revit и StaadPro. Директните връзки, използвани като инструмент за моделиране и анализ, имат своите ограничения за текущите версии на съответните програмните продукти. В проведените тестове са използвани директните връзки Revit – Staad Pro и AECOSim – Staad Pro. Друга възможност за оперативна съвместимост е непряката връзка за транспортиране на необходимата информация от софтуера за СИМ (S-BIM) до софтуера за моделиране и анализ с МКЕ. Разликата между пряката и косвената връзка е, че директното свързване става чрез патентован файлов формат, докато непрякото свързване става чрез независим и естествен файлов формат, като IFC. Revit Structure поддържа само IFC2x3 координационния изглед, който може да въведе някои ограничения за тестовите. В практиката се използват различни стандартни формати за прехвърляне на файлове – IFC, CIS / 2, DSTV, SDNF, DGN, DXF, DWG, IGES и STEP. Универсалният формат IFC [5] е разработен за целите на строително-информационното моделиране, СИМ, и осигуряване на оперативна съвместимост в строително-информационните модели, СИМ. ISO 16739: 2013 указва схема на концептуални данни и формат за обмен на файлове за данни за СИМ.

Силните конкуренти в развитието и приложението на ППО в бранша, Autodesk и Bentley Systems, имат изрично споразумение за разширяване на оперативната съвместимост между своите портфейли от софтуер за архитектура, инженеринг и строителство (АЕС). Autodesk и Bentley предоставят възможност за обмен на софтуерни библиотеки, включително Autodesk RealDWG и Bentley DGN, с цел осигуряване на достоверност на информацията при четене и запис на форматите DWG и DGN при работа в смесени среди. Между двете компании съществува и споразумение за улесняване на оперативната съвместимост между съответните приложения за архитектура, инженеринг и строителство като подкрепят реципрочното използване на наличните интерфейси за приложно програмиране (API). Това намира практически израз в прекия достъп на Bentley до DWG чрез RealDWG и API достъп и техническа поддръжка за приложения, разработени за AutoCAD, Revit и други приложения на Autodesk. Потребителите на Bentley могат да се възползват от възможността да стартират AutoCAD-базираните обекти в активираните продукти на Bentley. Autodesk, от своя страна, има достъп до Bentley's MicroStation, ProjectWise и други инструменти за разработка на продукти за архитектура, инженеринг и строителство като Bentley разработва тип библиотека, която Autodesk да включва в своите продукти. Това сътрудничество в полза на оперативната съвместимост ограничава грешките и създава възможност за разработване на съвместни продукти в бъдеще.

Обменът на данни между Revit и SAP2000 поддържа два различни работни потока [6]: (а) експортиране от Revit за създаване на нов модел или за актуализиране на съществуващ модел SAP2000 (този експорт на данни е осъществим при SAP2000 v17.2.0 или по-късна версия) и (б) импортиране от SAP2000 за създаване на нов проект на Revit или за актуализиране на съществуващ проект на Revit. Във втория случай на импортиране е възможен избор на актуализация на местоположение, проект или и двете – това импортиране е осъществимо при SAP2000 v17.2.0 или по-нова версия.

4. Възможности за обучение, самообучение и приложение на софтуерна платформа Bentley Systems от студентите в УАСГ

Академичният абонамент Bentley Systems предлага портфолио с над 50 приложения в областта на архитектурата, инженерството, строителството и операциите, приложимо в процеса на обучение. За тези продукти са включени и абонаменти за персонална употреба за преподаватели и студенти достъпни през специализирания абонаментен сайт на платформата <http://apps.bentley.com/studentserver/home/index>. Пакетът (табл. 1) включва приложения за 3D CAD проектиране и моделиране MicroStation – MicroStation V8 (CAD софтуер, използван от инженери, архитекти, GIS специалисти, конструктори и собственици на оператори за проектиране, моделиране, визуализиране, документиране, картографиране и поддръжка на инфраструктурни проекти) и MicroStation PowerDraft (приложение за генерирането на всички видове проектна документация за инженери, архитекти, геопространствени специалисти, конструктори и собственици).

Таблица 1. Академичен абонамент, достъпен през платформа Bentley Systems

№	Софтуерен пакет	Обща характеристика
1	Анализ на мостове	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Моделиране, проектиране и анализ на всички типове мостове върху съществуващи и нови конструкции. ▪ Приложим на всеки етап от процеса на изпълнение на проекта, от планирането, проектирането и инженеринга до симулацията и анализа на строителството.
2	Проектиране на сгради	Подпомагане на процеса на проектиране и документация на сградите през всички фази на проекта – от концептуално проектиране до документация, до координация и строителство.
3	Гражданско строителство	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Тримерно геометрично моделиране, проектиране и анализ в пътно, железопътно, градоустройствено и гражданско строителство. ▪ Приложим в проекти за проектиране, изграждане, експлоатация, поддръжане и рехабилитация.
4	Хидравлика и хидрология	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Създаване на генерални планове за проекти за развитие на земя и оптимизиране на работата на водоснабдителните, отпадъчните и дъждовните системи. ▪ Подобряване на производителността на екипа с устойчиви хидравлични модели, интегрируеми с ГИС и CAD.
5	Ефективност на инфраструктурни активи	2D / 3D десктоп ГИС приложения и софтуер за картографиране.
6	Проектиране на мини	Проектиране и реализиране на непрекъснат цикъл на производство на мините при процес на гъвкаво планиране, отчитащ актуализираното състояние.
7	Софтуер за моделиране и визуализация	Лесен преглед, моделиране, документиране и визуализиране на проекти във всяка дисциплина, различни по мащаб и/или сложност, вкл. инфраструктурни проекти.
8	Анализ на офшорни конструкции	Навременен, целесъобразен икономически ефективен офшорен инженеринг, морски операции и проекти за проектиране на плавателни съдове с индустриално доказан софтуер.

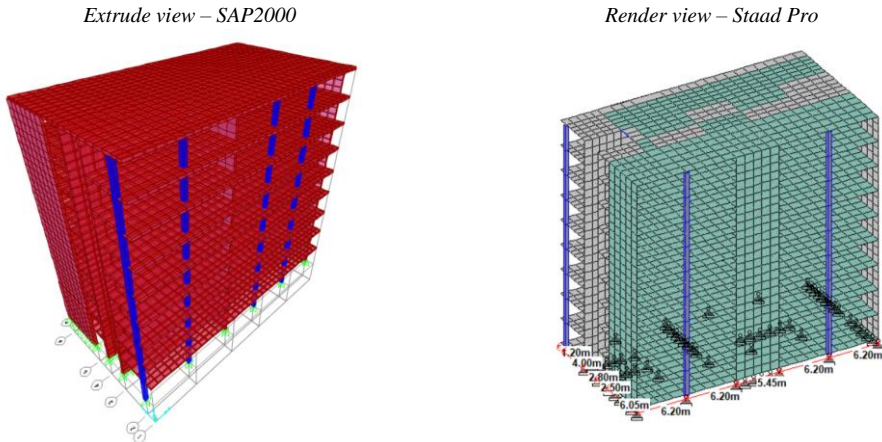
9	Индустриални съоръжения и промишлени инсталации	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Подобряване на проектирането и анализ на индустриални съоръжения чрез изчерпателен и оперативно съвместим инженерингов софтуер. ▪ Предоставяне на съвместна интелигентна 2D и 3D среда за проектиране на инсталации въз основа на отворени стандарти ISO 15926. ▪ Интегрирано управление на промените и обща база данни за проекти.
10	Доставка и сътрудничество в проекти	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Осигуряване на обща среда за данни за цялостно доставяне на проекти, която подобрява начина на проектиране, изграждане и сътрудничество в проекти от всякакъв вид и от всички мащаби. ▪ Увеличаване на ефективността на проекта чрез увеличаване на индивидуална производителност, обединяване на екипи от множество дисциплини и свързване на веригата за доставки при гарантирана цялост на данните.
11	Моделиране на реалността	Опростени работни потоци при улавяне, обработка или използване на съществуващи данни за триизмерни изображения и обмен на точки.
12	Анализ на строителни конструкции	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ефективно моделиране, анализ и проектиране на строителни конструкции, различни по сложност и конструктивна система. ▪ Възможност за вариантни решения и управление на висококачествени и икономични проекти при използване на различни материали. ▪ Вграден набор от 80 международни правилника за проектиране на строителни конструкции.

В рамките на научноизследователски проект БН 165/19 „Анализ и оценка на възможностите на технологиите на СИМ за внедряване в строителния бранш в България“, финансиран от ЦНИП-УАСГ, УАСГ разполага с академичния абонамент Bentley Systems. Студенти и преподаватели имат възможност за достъп чрез персоналните си компютри или в компютърните лаборатории на Строителния факултет на УАСГ. Студентите от специалност „Строителство на сгради и съоръжения“ получават задачи за изучаване и представяне на набора от програми и на конкретни програмни продукти.

4. Приложение на софтуер за моделиране и анализ на строителни конструкции с елементи на СИМ в студентски проекти

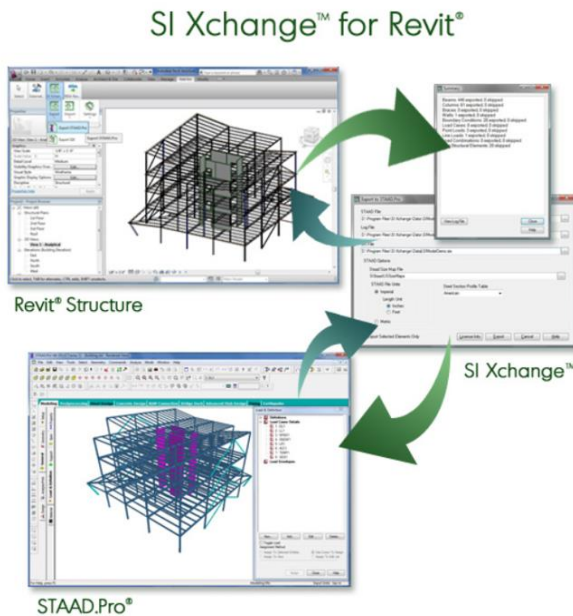
Една част от проект БН 165/19 включваше самостоятелно изучаване на програмните продукти – STAAD и RAM. STAAD.Pro V8i и AECOSim. Програмите бяха използвани за решаване на примера на студентски курсов проект на стоманобетонна многоетажна безгредова сграда (фиг. 2). Представено е сравнение на решенията на показаната строителна конструкция съгласно изискванията на учебната програма по учебна дисциплина „Компютърни системи в строителството“ с програмен продукт SAP 2000 и решение със STAAD.Pro V8i. За целта на проведените анализи геометричният модел е изграден в средата на съответните програмни продукти. StaadPro е най-широко използваният софтуер за анализ и моделиране на строителни конструкции в Азия и Великобритания, докато SAP2000 изглежда е най-широко използваният в Латинска Америка, Португалия, Италия и Испания [6]. И двата софтуера се прилагат за моделиране и анализ

на широк набор от разнообразни строителни конструкции, чрез използване на метода на крайните елементи.

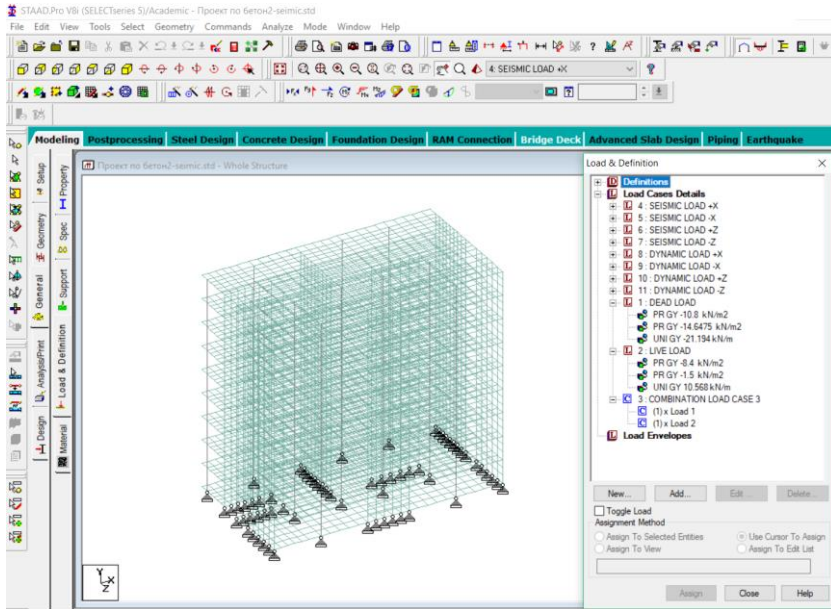


Фиг. 2. Геометричен модел на сграда, SAP2000 – ляво и Staad Pro – дясно

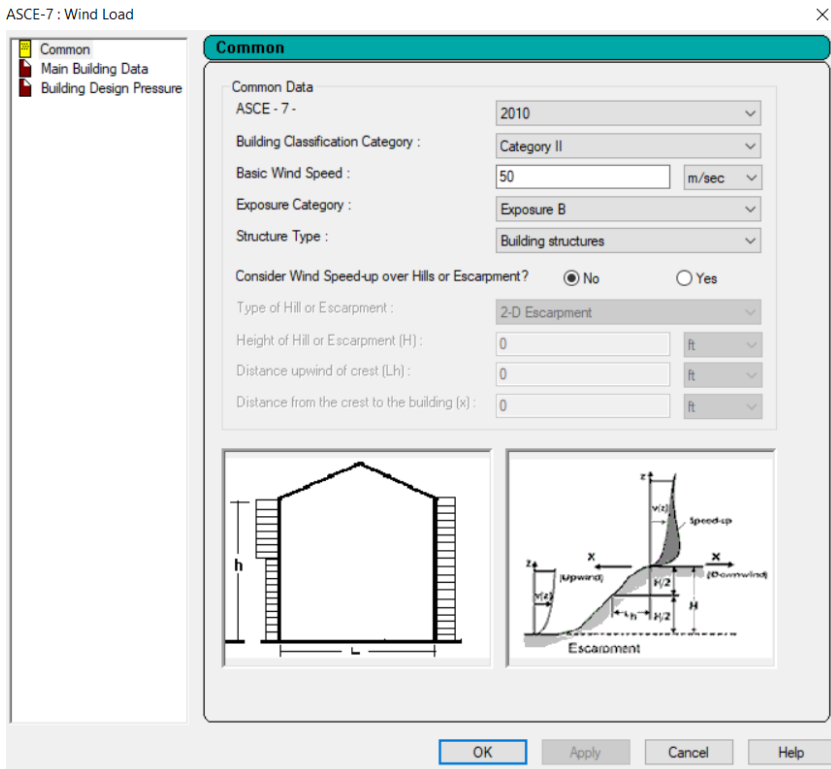
За проверка на информационната съвместимост е построен и геометричен модел в среда на Revit, STAAD.Pro V8i и AECOSim. Запазените аналитични модели в универсален формат ifc са импортирани в STAAD.Pro V8i. Не са отбелязани проблеми или информационни непълноти в трансфериания модел. Обменът на информационен геометричен модел между Revit и STAAD.Pro V8i е илюстриран на фиг. 3. Работен прозорец за дефиниране на натоварването в програмен продукт STAAD.Pro V8i е показан на фиг. 4. Дефиниране на ветрово натоварване в среда на STAAD.Pro V8i е показано на фиг. 5.

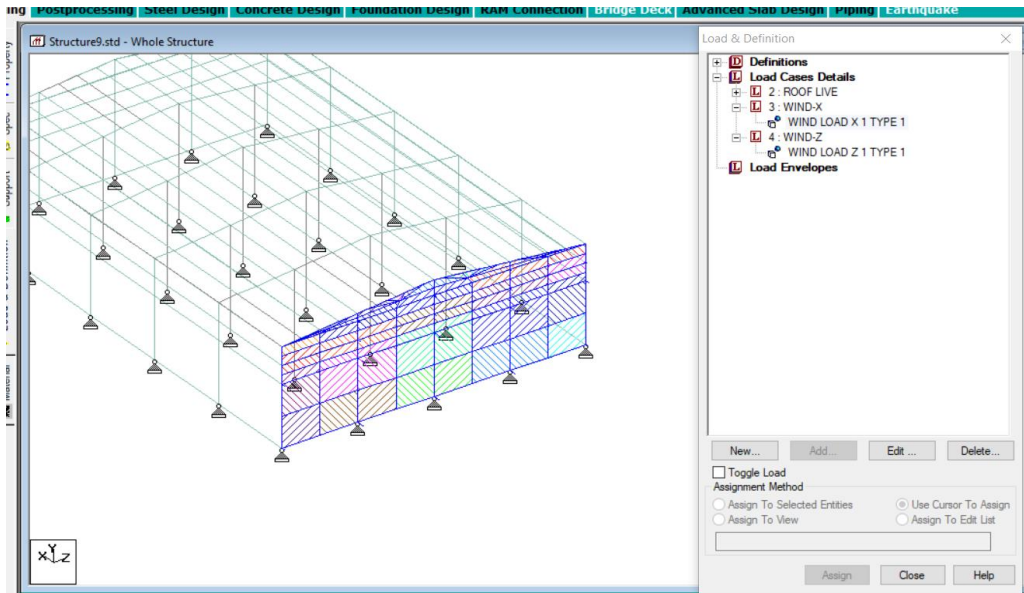


Фиг. 3. Обменът на информационен геометричен модел между Revit и STAAD.Pro V8i



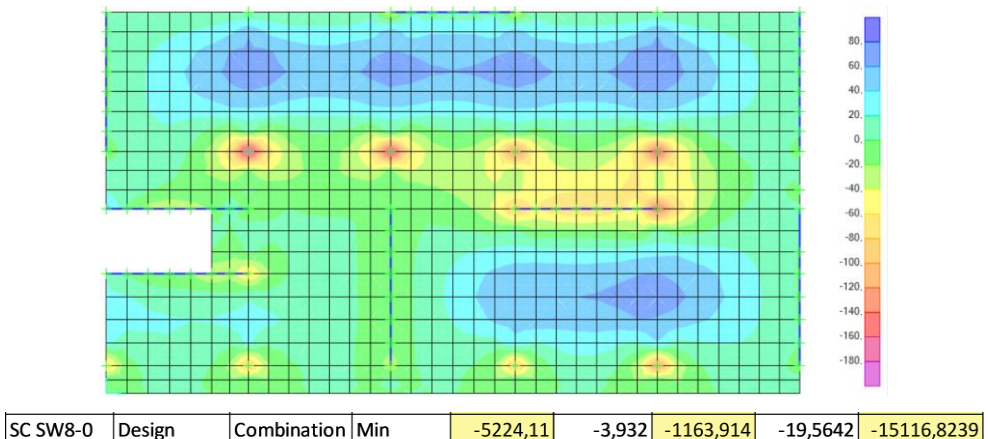
Фиг. 4. Работен прозорец за дефиниране на натоварване на строителната конструкция в среда на софтуерен продукт Staad Pro



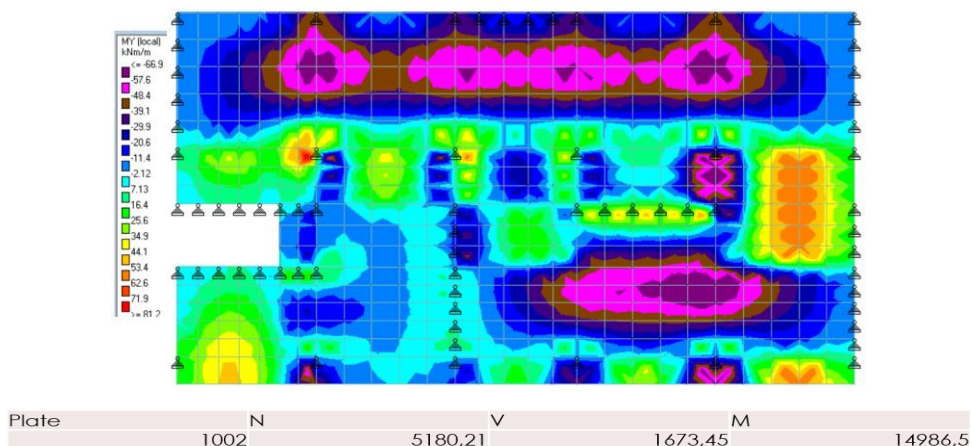


Фиг. 5. Натоварване от вятър в среда на софтуерен продукт Staad Pro

Някои от получените резултати, срязване в усилена стоманобетонна стена 8 и междуетажни премествания, са показани на фиг. 6 и фиг. 7. Наблюдаваните несъответствия в стойностите на разглежданите величини, изчисления съответно със STAAD.Pro V8i и SAP 2000 са в рамките на допустимия толеранс 3 – 5%.



Фиг. 6. Резултати от моделиране и анализ със SAP 2000. Междуетажни премествания ($T_1 = 0,74$ s). Срязващи усилия в усилена стоманобетонна стена № 8



Фиг. 7. Резултати от моделиране и анализ със STAAD.Pro V8i. Междуетажни премествания ($T_1 = 0,74$ s). Срязващи усилия в усилена стоманобетонна стена № 8

5. Заключение и коментари

Въпреки че СИМ е на пазара в последните години, тази технология не е възприета като цяло в строителния сектор. Приемането на СИМ изисква съществени промени в начина, по който индустрията традиционно проектира и изгражда проекти. Технологичните процеси и организационните инвестиции, необходими за прилагането на СИМ, изискват съществени ресурси.

Директните връзки между Revit и StaadPro са полезни за обмен на геометричен модел за предварителен конструктивен анализ на стоманобетонни конструкции с ограничена сложност, но трудно осигуряват последващите стъпки за проектиране. Независимо от наличието на IFC формат в по-голямата част от приложното програмно осигуряване за СИМ и МКЕ, обмяната на данни чрез IFC е все още непълна. Слабото прилагане на IFC не позволява изчерпателна оценка на приложимостта му. Това средство за осъществяване на оперативна съвместимост подлежи на бъдещо развитие за пълноценна обмяна на инженерни данни. Към настоящия момент IFC е разработен от версия 2 до версия 4 на IFC и все още продължава да предоставя подобрения на потребителите.

Разгледаният пример е с ограничена сложност, но и той потвърждава общо приетото мнение, че СИМ софтуерът за параметрично геометрично моделиране, както и СИМ-МКЕ софтуерът подлежат на по-нататъшно усъвършенстване в съответствие със съвместимостта и интерполацията между тях за постигане на пълноценен ефективен анализ на строителните конструкции чрез прилагане на СИМ. Това включва разработване на различни библиотеки – материали, конструктивни елементи, развитие на средствата за оперативна съвместимост и т.н.

Благодарности

В настоящия доклад са представени анализи, проведени в рамките на научноизследователски проект БН 195/16, финансиран от УАСГ-ЦНИП.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Shamloo, R. & Mobaraki, B.* (2011). BIM förändrar produktionen. Master of Science thesis. KTH SCHOOL OF ARCHITECTURE AND THE BUILT ENVIRONMENT. Stockholm.
2. *Кутева, М.* ЦНИП 195/16 – Работен отчет етап 2016 г.
3. // intercadsys.com/uploads/brochure/Staad%20Pro.pdf (16.09.2017 г.).
4. AEC Magazine, 2008, <http://www.aecmag.com/software-mainmenu-32/247-autodesk-and-bentley-interoperability> (16.09.2017 г.).
5. ISO 16739:2013-Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.
6. CIVILAX, <https://www.civilax.com/staad-pro-vs-sap2000/>.
7. <https://www.bentley.com/en/products/>.

COMPARATIVE REVIEW OF BENTLEY SYSTEMS SOFTWARE PLANT FUNCTIONS FOR MODELING AND ANALYSIS OF CONSTRUCTION STRUCTURES

Tr. Tzvetkova¹, T. Filev², M. Kouteva-Guentcheva³, Kr. Boshnakov⁴

Keywords: BIM, Bentley Software, UACEG education

ABSTRACT

The functionalities of the Bentley Systems software platform are briefly discussed in the context of the building information modeling (BIM). Advantages and challenges related to the various opportunities for training, self-study and application of these products by the UACEG students are discussed. StaadPro functionalities for modeling and analysis of building structures are presented. Interoperability tests Revit-StaadPro and AECOSim – StaadPro on the case study of student project for modelling and analysis of RC structure have been performed. Some results of the comparative structural analysis performed by Bentley StaadPro and SAP2000 are briefly discussed.

¹ Trayana Tzvetkova, Student, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: terry1607@abv.bg

² Todor Filev, Student, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: totfil@gmail.com

³ Mihaela Kouteva-Guentcheva, Assoc. Prof. Dr. Eng., Dept. “Computer-Aided Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: kouteva_fce@uacg.bg

⁴ Krasimir Boshnakov, Chief. Assist. Dr. Eng., Dept. “Computer-Aided Engineering”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: krabosh_fcd@uacg.bg