

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

ІНСТИТУТ ДЕРЕВООБРОБНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І ДИЗАЙНУ

Кафедра технологій меблів та виробів з деревини

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

на тему: "Проектування меблевих фасадів рамко-тахлевої конструкції з масивної деревини у САПР Imos в умовах ТзОВ "АВ-Треїдинг"

Виконав: студент VI курсу,
групи ДМТ-62м

Спеціальності 187 "Деревообробні
та меблеві технології"

Кортоус Н.К.

(прізвище та ініціали)

Керівники Кійко О.А., Ільків М.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Маєсовський В.О.

(прізвище та ініціали)

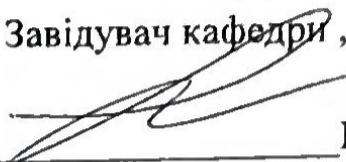
Львів 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут	Деревообробних технологій і дизайну
Кафедра	Технологій меблів та виробів деревини
Освітньо-кваліфікаційний рівень	Магістр
Спеціальність	187 "Деревообробні та меблеві технології"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, проф.


Кійко О.А.

„ 12 „ 06 2025 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кортоус Назарій Костянтинович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Проектування меблевих фасадів рамко-тахлевої конструкції з масивної деревини у САПР Imos в умовах ТзОВ "АВ-Треїдинг"

Керівники роботи: Кійко О.А., д.т.н., професор; Ільків М.М.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від 10.06.2025 року № С-344

2. Строк подання студентом роботи 10.12.2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Відомості із підприємства про виробничий та технологічні процеси: номенклатуру сировини та асортимент продукції, перелік виробничого обладнання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Вступ, 2. характеристика підприємства тзов "ав-треїдинг" та умови організації виробництва, 3. Аналіз конструкцій рамко-тахлевих фасадів, 4. сировина та матеріали для виготовлення рамко-тахлевих фасадів, 4. Аналіз програмного забезпечення для проектування рамко-тахлевих фасадів, 5. Процес проектування рамково-тахлевого фасаду в САПР Imos, 6. Висновки, 7. Список джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 15 липня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ. Аналіз конструкцій рамко-тахлевих фасадів. Сировина та матеріали	30.09.25 р.	
2.	Аналіз програмного забезпечення для проектування рамко-тахлевих фасадів	30.10.25 р.	
3.	Процес проектування рамково-тахлевого фасаду в САПР Imos. Висновки	5.12.25 р.	
4.	Оформлена робота	10.12.25 р.	

Студент

(підпис)

Кортоус Н.К.

(прізвище та ініціали)

Керівники роботи

(підпис)

Кійко О.А.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Ільків М.М.

(прізвище та ініціали)

Анотація

Магістерська робота присвячена дослідженню процесу проєктування меблевих фасадів рамково-тахлевої конструкції з масивної деревини в умовах сучасного виробництва з використанням систем автоматизованого проєктування (САПР) на прикладі програми Imos iX. У роботі детально розглянуто особливості підприємства ТзОВ “АВ-Треїдинг”, його матеріально-технічну базу, використані матеріали та сучасні технології виготовлення меблів, включаючи корпусні та столярні вироби з масивної деревини, ЛСП та личкованих плит.

Проведено аналіз історії та розвитку рамково-тахлевих фасадів, класифікацію конструкцій, основних елементів та типів з'єднань, а також розглянуто вплив конструктивних рішень на експлуатаційні характеристики виробів. Окрема увага приділена сировині та матеріалам для виготовлення фасадів, їх характеристикам і особливостям застосування.

У практичній частині роботи детально розглянуто процес створення параметричної моделі фасаду в Imos iX, параметризацію конструктивних елементів, верифікацію моделі, перевірку технологічності, списків деталей і керуючих програм для верстатів з ЧПК. Робота має практичну цінність для меблевих підприємств, що впроваджують автоматизовані технології проєктування і виготовлення рамково-тахлевих фасадів. Вона демонструє ефективність застосування параметричного моделювання для оптимізації виробничого циклу, підвищення якості готової продукції та зменшення матеріальних і часових витрат.

Зміст

ВСТУП.....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТЗОВ “АВ-ТРЕЙДИНГ” ТА УМОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА	6
1.1. Загальна інформація про підприємство	6
1.2. Використання САПР Imos іХ у виробництві	7
1.3. Технологічний процес виготовлення меблевих виробів з ЛСП.....	7
1.4. Технологічний процес виготовлення меблевих виробів з плитних матеріалів, личкованих натуральним шпоном, НРL-пластиком або тонколистовим металом	9
2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ РАМКО-ТАХЛЕВИХ ФАСАДІВ.....	11
2.1. Історія та розвиток конструкцій	11
2.2.1. Класичні рамково-тахлеві фасади.....	12
2.2.2. Сучасні дизайнерські фасади.....	14
2.2.3. Комбіновані фасади	15
2.3. Основні елементи фасаду.....	17
2.4. Типи з’єднань	20
2.4.1. Класичні столярні кутові кінцеві з’єднання.	20
2.4.2 Сучасні кутові з’єднання.....	22
2.5. Вплив конструкції на експлуатаційні характеристики	26
2.6. Переваги сучасних рамково-тахлевих фасадів	27
3. СИРОВИНА ТА МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РАМКО-ТАХЛЕВИХ ФАСАДІВ.....	29
3.1. Масивна деревина	29
3.2 МДФ і плитні матеріали личковані натуральним шпоном.....	32
3.3. Скло та декоративні вставки.....	35
4. АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ РАМКО-ТАХЛЕВИХ ФАСАДІВ	36
4.1. Застосування система автоматизованого проектування Imos іХ.....	37
4.2. Застосування система автоматизованого проектування TopSolid’Wood	39

4.3. Застосування Autodesk Inventor та SolidWorks	41
4.4. Застосування програм тривимірного моделювання SketchUp	44
5. ПРОЦЕС ПРОЄКТУВАННЯ РАМКО_ТАХЛЕВОГО ФАСАДУ В САПР IMOS IX.....	47
5.1 Створення параметричної моделі фасаду.....	47
5.2. Генерування специфікацій, карт розкрою та керуючих програм для верстатів з ЧПК.	80
5.3. Підсумкова реалізація проєкту та практичне впровадження	84
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК.....	87
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88

ВСТУП

Меблева промисловість активно розвивається, поєднуючи традиційні технології обробки деревини із сучасними методами цифрового моделювання та автоматизованого проектування. У сучасних умовах конкуренції підприємства галузі, зокрема ТзОВ «АВ-Треїдинг», зосереджують увагу на впровадженні інноваційних підходів до створення продукції, підвищенні її якості та розширенні асортименту. Особливе значення у структурі меблевого виробництва має виготовлення фасадів, адже саме вони формують візуальну привабливість та експлуатаційну цінність меблевого виробу.

Одним із ключових напрямів розвитку є проектування та виготовлення фасадів рамко-тахлевої конструкції з масивної деревини. Такі фасади поєднують високу міцність, природну естетику та довговічність, а також забезпечують широкі можливості реалізації дизайнерських рішень. Конструкція передбачає наявність несучої рами та вставних елементів – тахлей, які можуть бути виготовлені з масивної деревини, МДФ, личкованих плит або скла. Технологічні параметри виготовлення цих елементів безпосередньо впливають на геометричну стабільність фасаду, його стійкість до деформацій, якість поверхні та загальний рівень експлуатаційної надійності.

Актуальність теми обумовлена кількома ключовими факторами:

- Сучасні споживачі дедалі більше орієнтуються на натуральні матеріали та індивідуалізований дизайн, що підвищує попит на фасади з масиву та комбінованих матеріалів.
- Підприємства прагнуть оптимізувати виробничі процеси, підвищити точність виготовлення деталей та мінімізувати відходи, що неможливо без використання сучасних програмних систем проектування.
- Стрімкий розвиток систем автоматизованого проектування (САПР), зокрема програмного комплексу Imos iX, відкриває нові можливості для автоматизації підготовки виробництва, цифрової валідації

конструктивних рішень та інтеграції проєктних даних із верстатним обладнанням.

Використання САПР Imos iX дозволяє моделювати конструкції будь-якої складності, формувати комплект технологічної документації, автоматично генерувати карти розкрою, управляти параметрами фрезерування та з'єднань, а також значно підвищувати точність проєктних рішень. Це особливо важливо для підприємств, які спеціалізуються на виготовленні фасадів з масивної деревини, адже такі вироби потребують точного дотримання технологічних зазорів, вологості матеріалів та параметрів обробки.

Об'єкт дослідження – виготовлення меблевих фасадів рамко-тахлевої конструкції.

Предмет дослідження – процес проєктування меблевих фасадів рамко-тахлевих конструкцій у САПР Imos.

Мета магістерської роботи - розробити ефективний метод проєктування меблевих фасадів рамко-тахлевої конструкції з масивної деревини у середовищі САПР Imos iX, який дозволяє оптимізувати технологічні параметри виготовлення, підвищити точність конструкцій та забезпечити високу якість кінцевого виробу.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТЗОВ “АВ-ТРЕЙДИНГ” ТА УМОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

1.1. Загальна інформація про підприємство

Товариство з обмеженою відповідальністю “АВ-Трејдинг” – сучасне меблеве підприємство, що спеціалізується на виробництві корпусних та столярних виробів індивідуального виготовлення з масивної деревини та деревних матеріалів. Підприємство було зареєстроване 22 серпня 2016 року та здійснює господарську діяльність відповідно до чинного законодавства України.

З часу заснування підприємство демонструє стабільну динаміку розвитку, нарощує виробничі потужності, розширює перелік продукції та впроваджує новітні технології обробки деревини. Завдяки використанню високотехнологічного обладнання та сучасного програмного забезпечення для проектування, зокрема САПР Imos іХ, компанія забезпечує точність виготовлення та контроль якості на всіх етапах виробництва.

Управління діяльністю підприємства здійснює директор, який координує роботу керівного складу, відповідального за виробничі процеси, кадрову політику, матеріально-технічне забезпечення та взаємодію з контрагентами. Ведення бухгалтерського обліку забезпечує головний бухгалтер. Багаторічний досвід керівництва у меблевому виробництві забезпечує підприємству високу репутацію серед клієнтів та партнерів.

Основний напрям діяльності підприємства охоплює виготовлення меблів для приватних та комерційних приміщень. “АВ-Трејдинг” поєднує серійні та індивідуальні замовлення.

У номенклатуру продукції входять:

- кухонні гарнітури та гардеробні системи;
- шафи, комоди, стелажі, тумби, ліжка;

- столярні вироби: двері, столи, вікна;
- меблі для ресторанів, салонів краси, офісів;
- комбіновані вироби з деревини, металу, скла та каменю.

У технологічному процесі використовуються сучасні матеріали: ЛСП, МДФ, HPL, фанера, меблевий щит, масивна деревина, шпон, HPLпластики і тонколистовий метал. Завдяки співпраці з підрядниками які займаються обробкою металу, скла і каменю компанія виготовляє сучасні комбіновані композиції.

1.2. Використання САПР Imos iX у виробництві

Однією з ключових особливостей підприємства є використання професійної системи автоматизованого проектування Imos iX. Її впровадження дозволяє:

- скорочувати час на проектування;
- автоматично формувати технологічну документацію;
- мінімізувати помилки при підготовці виробництва;
- автоматично генерувати програми для верстатів з ЧПК;
- підвищувати точність деталей та відповідність проекту;
- інтегрувати дані з GibLab та 1С.

САПР Imos iX забезпечує безперервний зв'язок між проектуванням і виробництвом, що суттєво підвищує ефективність та точність виготовлення меблевих виробів.

1.3. Технологічний процес виготовлення меблевих виробів з ЛСП

Технологічний процес виготовлення меблевих виробів з ЛСП на підприємстві починається з транспортування плитних матеріалів із зовнішнього складу до складу цеху за допомогою автотранспорту. Плити подаються на форматно-розкрійний верстат, де розкрій відбувається за картами розкрою, сформованими в системі GibLab котра інтегрована з програмою Imos iX.

Інформація про розміри деталей, матеріали та технологічні параметри автоматично генеруються з параметричної моделі виробу, що забезпечує точність розкрою та економію матеріалу.

Після розкрою на кожну деталь наклеюється наклейка, яка містить усю необхідну інформацію для обробки:

- номер деталі, призначення у виробі,
- габарити, штрихкод програми для ЧПК,
- дані про сторони, які підлягають крайкуванню,
- та матеріал для кромки.

Також на наклейці можуть бути зазначені особливості обробки, наприклад, заріз під кутом 45°.

Далі деталі потрапляють на сверлильно-присадочний верстат з ЧПК. Оператор сканує штрихкод на наклейці, після чого на моніторі верстата відображається програма обробки. Використання даних із Imos iX дозволяє верстату автоматично підбирати параметри обробки, що зменшує ймовірність браку та економить час. Після обробки деталі складають на піддони або візки і відправляють на дільницю складання, де вони збираються у готовий виріб. На цьому етапі також активно використовуються технічна документація згенерована в Imos iX, це дозволяє точно перевіряти збірку і виключає помилки при складанні складних фасадів та корпусів.

Після складання виробу проходять контроль якості:

- перевіряється точність з'єднань,
- геометрія виробу та відсутність дефектів.

Готові меблі упаковуються і відправляються на склад готової продукції, а звіди — до замовників разом із супровідними документами та кресленнями для монтажу.

1.4. Технологічний процес виготовлення меблевих виробів з плитних матеріалів, личкованих натуральним шпоном, HPL-пластиком або тонколистовим металом

Технологічний процес виготовлення меблевих виробів з личкованих плитних матеріалів загалом схожий на процес виготовлення меблів із ЛСП - оскільки основні технологічні процеси - моделювання в САПР Imos, розкрій, маркування деталей, крайкування, обробка на верстатах з ЧПК та складання — залишається такими ж самими. Проте необхідні додаткові технологічні процеси: личкування плитних матеріалів, та опорядження.

Процес починається з надходження плитних матеріалів (МДФ, ДСП, фанера) та матеріалів для покриття (натуральний шпон, HPL-пластик або тонколистовий метал) на личкувальну дільницю. Для натурального шпону спочатку формують шпонові смуги (сорочки). Сорочки підбирають так, щоб у майбутньому деталі сходилися за текстурою, особливо при безперервному переході малюнка. Дані з Imos іХ допомагають правильно розташувати елементи у карті крою та задати напрям волокон на всіх деталях. Пливу покривають клеєм, на неї накладають сорочку шпону і відправляють у гарячий прес. Під тиском і температурою шпон рівномірно приклеюється по всій площі, утворюючи готовий личкований лист.

Для HPL або тонколистового металу операція простіша: клей наноситься на основу та матеріал покриття, після чого листи пресують — зшивання не потрібне.

Після пресування личковані плити надходять на форматно-розкрійний верстат, де оператор розпилює їх за картами розкрою, сформованими в Imos. На кожну деталь наклеюється наліпка з інформацією про призначення, розміри, програми для ЧПК та тип крайки. Крайкування личкованих деталей проводиться з урахуванням особливостей матеріалу: кромка з натурального шпону шліфується та готується під лак.

Далі деталі надходять на верстати ЧПК для обробки. Після завершення механічної обробки відбувається опорядження: тонування (за потреби) та лакування у кілька шарів з проміжним шліфуванням для видалення ворсу та досягнення рівного блиску або матовості.

Фінальні етапи: складання виробу за конструкторською документацією Imos, контроль якості, упаковка та передача на склад готової продукції.

На всіх етапах застосовується система 5S, що забезпечує порядок, чистоту та безпеку робочих місць, підвищує ефективність процесу та дозволяє поєднувати проектування і виробництво в єдиний безперервний цикл, гарантуючи високу якість меблевих виробів.

2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ РАМКО-ТАХЛЕВИХ ФАСАДІВ

Рамково-тахлеві фасади є однією з найпоширеніших конструкцій у сучасному меблевому виробництві завдяки поєднанню міцності, функціональності та естетичної привабливості. Конструкція таких фасадів складається з двох основних елементів: рамки та тахлі, які можуть бути виконані з різних матеріалів залежно від вимог до зовнішнього вигляду та експлуатаційних характеристик.

2.1. Історія та розвиток конструкцій

Рамково-тахлеві фасади мають багатовікову історію (рис. 1), що бере свій початок у традиціях столярного ремесла Європи. Перші згадки про конструкції, які нагадують сучасні фасади з рамкою і вставною тахлею, зустрічаються ще у XVII столітті, коли в меблевому виробництві почали активно застосовувати масивну деревину з використанням класичних столярних з'єднань.



Рис. 1. Застосування рамко-тахлів фасадів

Основна ідея конструкції у створенні жорсткої несучої рамки, всередині якої розташована тахля, що може вільно компенсувати всихання та розбухання деревини при зміні вологості та температури. Це зробило такі фасади особливо цінними для довговічних меблів та інтер'єрних елементів.

У XVIII–XIX століттях рамково-тахлеві конструкції стали стандартом у виготовленні віконних блоків, дверей та корпусних меблів. Вони поєднували точність столярних технологій та естетичну виразність натуральної деревини.

У XX столітті розвиток машинного деревообробного обладнання - рейсмусів, фрезерних верстатів, пресів - дозволив прискорити виробництво і стандартизувати конструктивні елементи.

Сучасний етап розвитку характеризується широким застосуванням ЧПК-обладнання та САПР-систем, які забезпечують високу точність, повторюваність та можливість інтеграції проекту з виробництвом. Конструкція залишилася принципово незмінною, проте з'явилися нові варіанти конструкцій, комбіновані матеріали, декоративні вставки, чисельні варіанти профілювання.

2.2. Типи фасадів та їх конструктивні рішення

Рамково-тахлеві фасади мають різноманітні конструктивні варіанти, які адаптуються до призначення меблів, стилю інтер'єру та використовуваних матеріалів. Серед них можна виділити класичні фасади, сучасні дизайнерські та комбіновані фасади.

2.2.1. Класичні рамково-тахлеві фасади

Класичні фасади характеризуються жорсткою рамкою з масиву дерева та вставною тахлею, яка фіксується у пазах рамки (рис. 2) та (рис. 3). Такі фасади зазвичай застосовуються у класичних меблях, дверях та віконних блоках, мають прямокутний профіль, столярні з'єднання відрізняються довговічністю та традиційною естетикою.



Рис. 2. Дерев'яна кухня виконана в класичному стилі.



Рис. 3. Дерев'яна кухня виконана в класичному стилі.

- Переваги: довговічність, міцність, естетична гармонія з традиційним інтер'єром.
- Недоліки: складність виготовлення.

2.2.2. Сучасні дизайнерські фасади

Сучасні дизайнерські фасади вирізняються нестандартними формами рамки, декоративними елементами та використанням сучасних матеріалів, таких як МДФ, плити личковані шпоном, скло або метал (рис. 4) та (рис. 5). Вони дозволяють створювати оригінальні стилістичні рішення, адаптовані під сучасні інтер'єри, і часто мають профільовані або фрезеровані контури, які підкреслюють дизайн.



Рис. 4. Шафа в спальні з сучасними дизайнерськими фасадами.



Рис. 5. Кухня виконана з використанням сучасних дизайнерських фасадів.

- Переваги: широкий вибір дизайну, легкість сприйняття в сучасних інтер'єрах.
- Недоліки: складні технологічні процеси виготовлення та необхідність висококваліфікованого персоналу

2.2.3. Комбіновані фасади

Комбіновані фасади поєднують традиційні елементи рамки з сучасними матеріалами та декоративними вставками, наприклад дерева разом з МДФ або шпон зі склом (рис. 6) та (рис. 7). Вони дозволяють збалансувати естетику класики та функціональність сучасних матеріалів, ідеально підходять для кухонь, віталень та шаф-купе.



Рис. 6. Сервант з комбінованими фасадами



Рис. 7. Комод виконаний з використання комбінованих фасадів.

- Такі конструкції дозволяють економно використовувати дорогі матеріали та підвищити декоративні властивості виробу.

2.3. Основні елементи фасаду

Рамково-тахлевий фасад складається з кількох основних елементів, кожен з яких має своє функціональне та естетичне значення. До основних елементів належать рамка, вставна панель (тахля), з'єднання, профіль рамки, матеріал заповнення та кріплення до корпусу меблів.

Рамка формує несучу конструкцію фасаду та складається з вертикальних і горизонтальних елементів. Вони забезпечують жорсткість фасаду, стабільність геометрії та надійне кріплення вставної панелі. Рамку зазвичай виготовляють з масиву деревини або з високоякісних стабілізованих матеріалів (рис. 8).

Вставна панель (тахля) є “плаваючою” вставкою, що розташована в пазах рамки. Вона може бути виконана з того ж матеріалу, що й рамка, або з МДФ

личкованого шпоном, скла чи декоративних матеріалів. Плаваюча конструкція панелі дозволяє компенсувати зміну розмірів матеріалу при коливанні вологості, запобігаючи деформації фасаду і руйнування.

З'єднання забезпечує надійність та точність конструкції. Цей класичний тип з'єднання використовується для скріплення рамки та інших елементів, гарантуючи довговічність виробу.

Профіль рамки може бути прямим або фрезерованим, з радіусами та декоративними вирізами, що впливає на стиль фасаду. Від ширини та форми профілю залежить загальна естетика та вага конструкції.

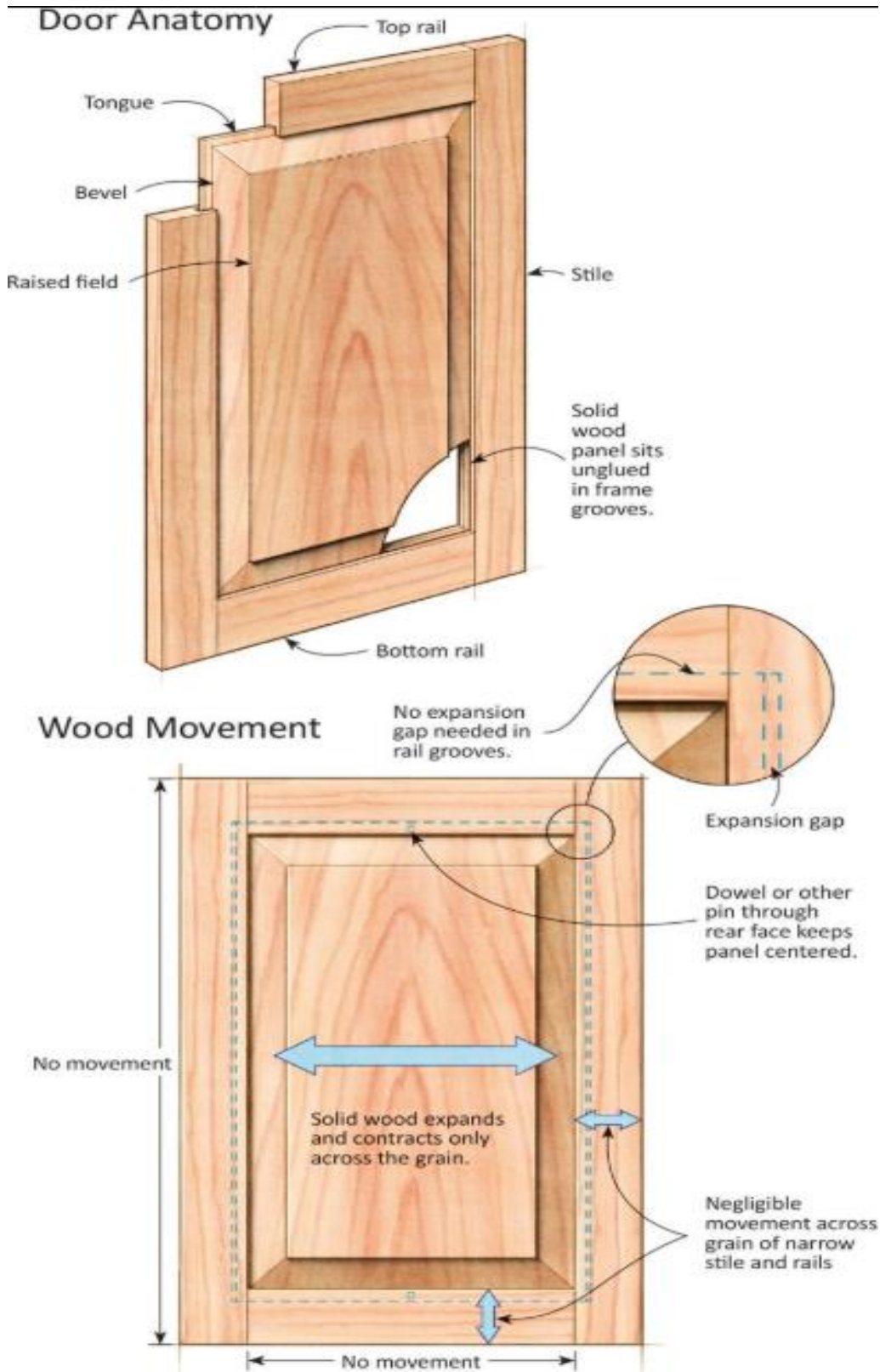


Рис. 8. Конструктивна будова рамково-тахлевого фасаду та особливості руху деревини

2.4. Типи з'єднань

З'єднання дерев'яних елементів фасадів рамково-тахлевої конструкції є ключовим елементом забезпечення міцності, точності геометрії та естетики виробу. У сучасному меблевому виробництві використовуються як класичні столярні, так і сучасні з'єднання.

2.4.1. Класичні столярні кутові кінцеві з'єднання.

Класичні столярні з'єднання являють собою традиційні методи з'єднання дерев'яних елементів рамково-тахлевих фасадів, що використовуються в меблевому виробництві протягом століть (рис. 9). Їхня основна перевага — висока міцність, надійність та естетична привабливість, адже такі з'єднання не потребують видимих металевих кріплень.

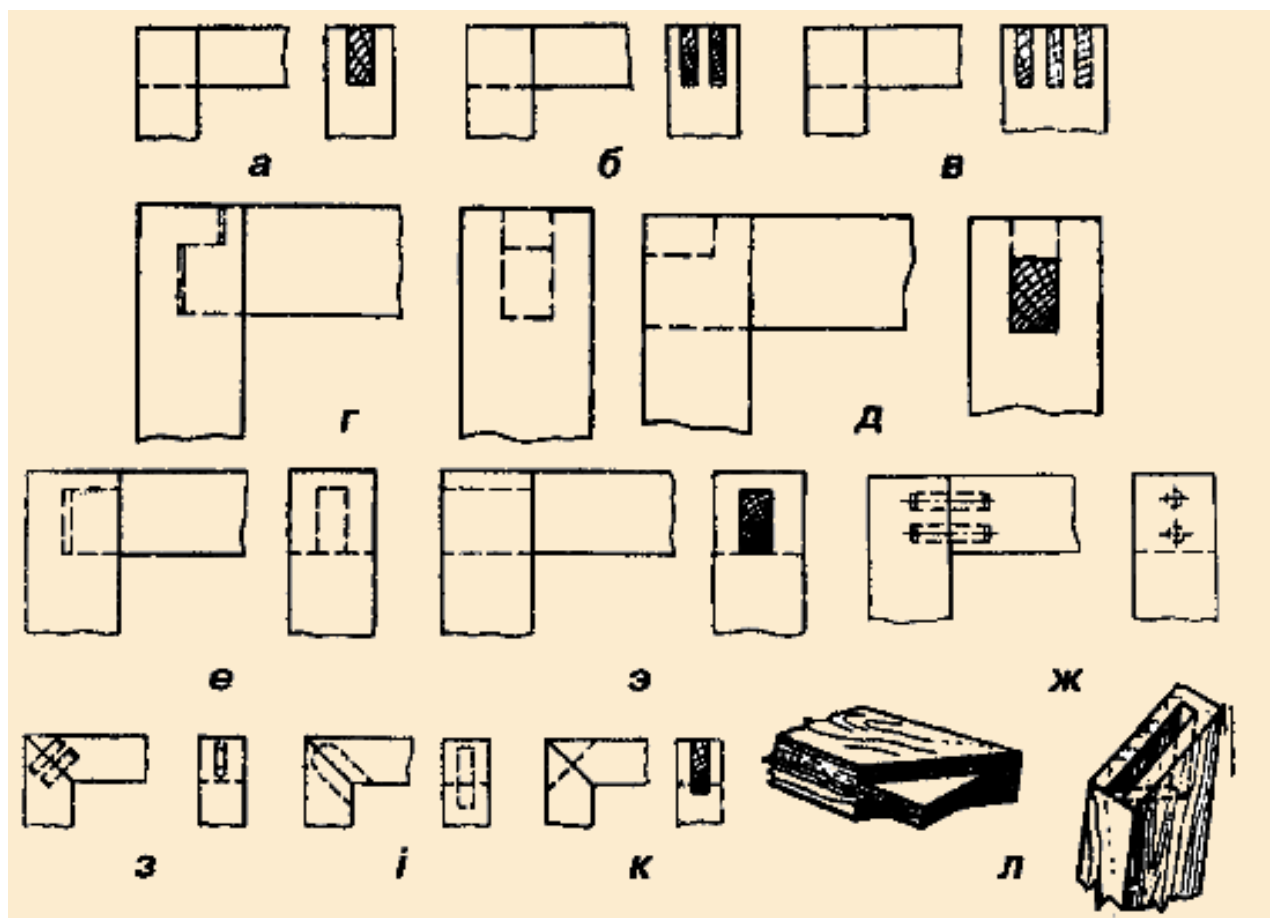


Рис. 9. Столярні кутові кінцеві з'єднання

Кінцеві шипові з'єднання цей тип з'єднання використовується для міцного скріплення кутів рам. Основні варіанти:

- Наскрізний одинарний шип (рис. 9 а) — один шип, що проходить наскрізь через приймальний елемент. Використовується для невеликих рам і легких фасадів. Забезпечує базову міцність і простоту виготовлення.
- Подвійний шип (рис. 9 б) — два паралельні шипи, що підвищують стабільність з'єднання та стійкість до скручування.
- Потрійний шип (рис. 9 в) — три шипи, які використовуються у великих і довгих рамках, де необхідна максимальна міцність.

Шипи з потемком або напівпотемком дозволяють приховати частину шипа всередині деревини, підвищуючи естетику виробу та міцність:

- Напівпотемок глухий (рис. 9 г) — шип входить у приймальний елемент частково, без наскрізного проходження.
- Напівпотемок наскрізний (рис. 9 д) — шип частково видимий, підходить для проміжних конструкцій.
- Потемок глухий (рис. 9 е) — шип повністю втоплений у деревину, що робить з'єднання практично непомітним з лицьового боку.
- Потемок наскрізний (рис. 9 є) — шип проходить наскрізь, але з'єднання виглядає естетично за рахунок відповідного оформлення гнізд.

Вставні шипові з'єднання

- Круглий вставний шип (рис. 9 ж) — класичний тип шипа, який вставляється у гніздо, що забезпечує точне центрування і міцність кутів рам.
- “На вус” з'єднання з круглим шипом (рис. 9 з) — елегантне традиційне рішення, при якому два елементи рам під кутом точно з'єднуються на виступаючі шипи.

- Плоский вставний шип (рис. 9 і, к) — шипи прямокутного або плоского профілю, що використовуються для рам легких або декоративних фасадів.
- Шип з потемком трикутним (рис. 9 л) - більш складний різновид, який застосовується для міцних рам і декоративних елементів, де важлива точна фіксація кутів.

Переваги класичних столярних з'єднань

1. Висока механічна міцність - правильно виконаний шип забезпечує надійне утримання кутів рам навіть без додаткового кріплення.
2. Естетична привабливість - відсутність видимих металевих елементів робить фасад більш натуральним та акуратним.
3. Традиційна технологія - добре вивчена і перевірена на практиці протягом багатьох поколінь столярів.
4. Можливість комбінування - різні види шипів можна поєднувати залежно від навантаження, розмірів рам і дизайнерських вимог.

Недоліки

1. Трудомісткість виготовлення — вимагає високої точності обробки і кваліфікації майстра.

2.4.2 Сучасні кутові з'єднання.

Сучасні технології передбачають застосування з'єднань, що дозволяють автоматизувати виробництво і забезпечують високу точність позиціонування деталей. До них відносяться:

Шкантові з'єднання (круглі вставні шипи) (рис. 10).

Є сучасним аналогом класичного вставного круглого шипа. Виконуються шляхом свердління, що легко піддається автоматизації.

Переваги: швидкість виробництва, точність позиціонування, відсутність видимих кріплень.



Рис. 10. Шкантові з'єднання (круглі вставні шипи)

З'єднання типу Lamello (ламелі) (рис. 11).

Плоскі вставні шипи з пресованої деревини або HDF, призначені для посилення кутів легких рам. Переваги: простота фрезерування, самовирівнювання деталей при складанні.



Рис. 11. З'єднання рамкового фасаду на ламелі.

Domino (Festool) (рис. 12).

Сучасний варіант овальних шипів з високою несучою здатністю та точністю.



Рис. 12 Вставний шип Domino.

Конфірмати та гвинтові з'єднання (рис .13).

Застосовуються рідше, здебільшого для прихованих підсилювальних вузлів. Не рекомендовані для лицьових рам через видимість кріплень.



Рис. 12 Кріпильні елементи для підсилення прихованих вузлів.

Мініфікс (роз'єми меблеві ексцентрикові) (рис. 14).

Використовуються у нестандартних конструкціях, де необхідне багаторазове розбирання фасадів.



2.5. Вплив конструкції на експлуатаційні характеристики

Конструктивні особливості рамково-тахлевих фасадів безпосередньо впливають на їх експлуатаційні характеристики, включаючи міцність, стабільність, довговічність та стійкість до деформацій. Рамка фасаду забезпечує жорсткість і стабільність геометрії виробу, що особливо важливо при великих розмірах фасадних дверцят або корпусів шухляд. Вставна панель, розташована в пазах рамки, дозволяє компенсувати зміну розмірів матеріалу при коливаннях вологості та температури, що запобігає розтріскуванню або викривленню фасаду.

Типи з'єднань також відіграють важливу роль у довговічності фасаду. Класичні столярні з'єднання забезпечує надійне кріплення та високу жорсткість конструкції, сучасні кутові з'єднання спрощують монтаж і дозволяють отримати естетично чистий зовнішній вигляд без видимих металевих елементів.

Використовувані матеріали визначають стійкість фасаду до зовнішніх впливів. Масивна деревина забезпечує природну міцність і довговічність, однак є чутливою до коливань вологості та температури, що призводить до розширення або усихання. МДФ та плити, личковані шпоном, мають більш стабільні розміри та демонструють значно менше деформацій при зміні кліматичних умов.

Усі перелічені матеріали — як масивна деревина, так і МДФ або личковані плити — потребують якісного опорядження (лаки, фарби, олії, віски), адже саме захисно-декоративне покриття мінімізує вплив вологи, ультрафіолету й експлуатаційних навантажень.

Проте різниця залишається:

- Масивна деревини, навіть після опоряджений, продовжує природно реагувати на зміну вологості, змінюючи розміри поперек волокон.
- МДФ та шпоновані плити, завдяки своїй структурі, після опорядження зберігають стабільність значно краще і менш схильні до сезонних деформацій.

Скляні або металеві вставки додають фасадам декоративності, однак потребують підвищеної акуратності при експлуатації та правильного конструктивного поєднання з деревинними елементами.

Конструкція фасаду також впливає на зручність використання. Правильно спроектовані з'єднання і монтажні системи забезпечують легке відкривання та закривання дверцят, а також надійну роботу петель і направляючих. Загалом, оптимально підібрана конструкція забезпечує баланс між естетикою, функціональністю та довговічністю меблевого виробу.

2.6. Переваги сучасних рамково-тахлевих фасадів

Сучасні рамково-тахлеві фасади мають ряд переваг, які роблять їх популярними у виробництві меблів та інтер'єрному дизайні. Вони поєднують естетичну привабливість та функціональність: чітка рамка створює гармонійний вигляд, а вставна панель може бути виконана з різних матеріалів, що дозволяє адаптувати фасад до будь-якого стилю інтер'єру.

Конструкція забезпечує високу міцність і стабільність фасаду. Рамка підтримує форму панелі, а «плаваюча» вставна панель компенсує зміни розмірів матеріалу при коливаннях вологості і температури, запобігаючи деформаціям та тріщинам. Це особливо важливо для кухонь, вітальні та вхідних приміщень.

Сучасні фасади дозволяють легко інтегрувати додаткові декоративні елементи, такі як фрезеровані профілі, скляні вставки, металеві або пластикові

деталі. Це підвищує дизайнерську цінність меблів та відкриває великі можливості для кастомізації.

Ще однією перевагою є сумісність з сучасними системами кріплень і фурнітури. Рамково-тахлеві фасади легко встановлювати на петлі, направляючі та інші механізми, що забезпечує зручність у користуванні і тривалий термін експлуатації.

Крім того, такі фасади є економічно вигідними: вони дозволяють зменшити витрати матеріалу, особливо масиву дерева, за рахунок використання вставок з МДФ або шпонованих панелей, зберігаючи при цьому якість та довговічність виробу.

3. СИРОВИНА ТА МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РАМКОВО-ТАХВЕВИХ ФАСАДІВ

Рамково-тахлеві фасади можуть виготовлятися з різних матеріалів, кожен з яких має свої переваги, технологічні особливості та вплив на естетику і довговічність виробу. Основні матеріали включають масивну деревину, МДФ та шпоновані матеріали, скло та декоративні вставки. Вибір матеріалу залежить від конструкції фасаду та його призначення.

3.1. Масивна деревина

Масивна деревина використовується для рамок та панелей фасадів класичного типу. Вона забезпечує природну міцність, довговічність і естетичний вигляд, а також надає можливість обробки фрезеруванням та шліфуванням для декоративних профілів. Популярні породи деревини для фасадів: дуб, ясен, бук, вільха та горіх.

Дуб (рис. 15) відрізняється високою твердістю та міцністю, стійкий до механічних пошкоджень і коливань вологості, має грубу текстуру з видимими волокнами та сучками, світло-коричневий або темно-коричневий відтінок легко піддається морінню та лакуванню.



Рис. 15. Фасад рамко-тахлевого фасаду з масиву дуба

Ясен (рис. 16) є твердим і пружним деревом з рівною текстурою волокон, має світло-кремовий відтінок і добре фарбується, хоча середньо стійкий до вологості та потребує обробки лаком або маслом.



Рис. 16. Фасад рамко-тахлевого фасаду з масиву ясена

Бук (рис. 17) характеризується однорідною рівною текстурою, світло-рожевим або кремовим відтінком, твердий та міцний, підходить для класичних фасадів та дитячих меблів, потребує захисту від вологості.



Рис. 17. Фасад рамко-тахлевого фасаду з масиву бука

Вільха (рис. 18) є більш м'якою та легкою в обробці породою, має рівну текстуру і світлий рожевий або червонуватий відтінок, середньо стійка до вологості, використовується для фасадів середньої цінової категорії та декоративних вставок.



Рис. 18. Фасад рамко-тахлевого фасаду з масиву вільхи

Горіх (рис. 19) відзначається високою твердістю та міцністю, стійкістю до ударів та температурних змін, має витончену текстуру з темними волокнами та темно-коричневий або шоколадний відтінок, застосовується для престижних меблевих фасадів та дизайнерських елементів.



Рис. 19. Фасад рамко-тахлевого фасаду з масиву горіха

3.2 МДФ і плитні матеріали личковані натуральним шпоном

МДФ (Medium Density Fiberboard) широко використовується у сучасних фасадах як більш стабільна альтернатива масиву дерева. Його легко фрезерувати, личкувати деревиною або покривається декоративними плівками. Личковані панелі поєднують естетику дерева і стабільність МДФ, що зменшує ризик деформацій та тріщин.

МДФ (рис. 20) є одним із найпопулярніших матеріалів для виготовлення фасадів завдяки своїй стабільності та універсальності. Він виготовляється з деревного волокна, спресованого під високим тиском з додаванням смол і клеїв, що забезпечує однорідну структуру без сучків, тріщин і інших дефектів, характерних для масивної деревини. МДФ легко піддається фрезеруванню,

шліфуванню та фарбуванню, що дозволяє створювати різноманітні декоративні профілі, рельєфи та гладкі поверхні, необхідні для сучасних фасадів.



Рис. 20. МДФ (Medium Density Fiberboard)

Личковані матеріали (рис. 21) поєднують у собі естетичний вигляд натурального дерева та стабільність МДФ. На поверхню МДФ наносять тонкий шар шпону певної породи дерева (рис. 22), наприклад дуба, ясеня, бука чи горіха, завдяки чому фасади набувають природного вигляду деревини з характерним малюнком волокон, а водночас залишаються стійкими до коливань вологості та температури, що можуть викликати деформації масиву. Такі фасади легко обробляються, лакуються або тонуються, дозволяючи отримати широкий спектр відтінків і фактур.

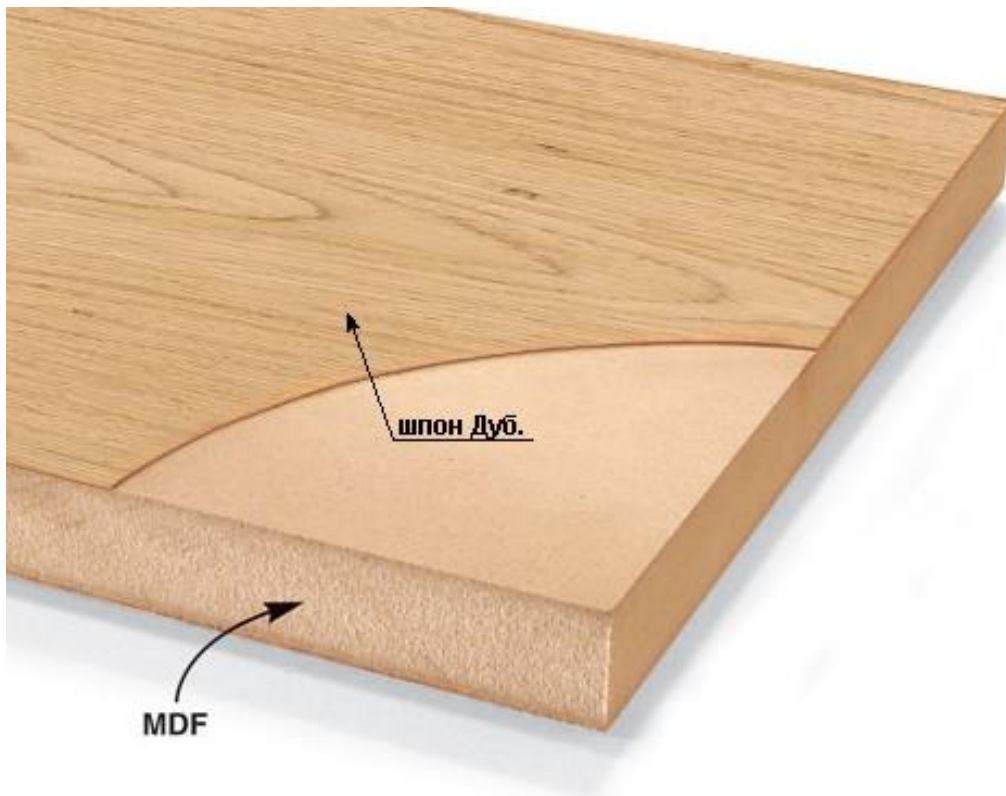


Рис. 21. Плитний матеріал личкований натуральною деревиною.



Рис. 22. Листи шпону з натуральної деревини.

МДФ та личковані фасади особливо зручні для кухонь, віталень, офісних меблів та дизайнерських проєктів, оскільки дозволяють виготовляти фасади будь-якої форми з плавними кривими та точними геометричними елементами, що складно реалізувати з масиву дерева. Крім того, використання МДФ та шпону є економічно вигідним рішенням, адже дозволяє зменшити витрати цінної деревини, зберігаючи при цьому високу естетичну і експлуатаційну якість фасаду.

3.3. Скло та декоративні вставки

Скляні та декоративні вставки (рис. 23) застосовуються для сучасних фасадів, надаючи їм оригінального дизайну та легкості. Вставки можуть бути прозорими, матовими, тонованими або з нанесеним малюнком. Також використовуються металеві, пластикові або інші декоративні елементи.



Рис. 23. Різновид скляних та декоративних вставок в рамко-тахлеві фасади.

4. АНАЛІЗ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ РАМКО-ТАХЛЕВИХ ФАСАДІВ

Проєктування рамково-тахлевих фасадів вимагає точності, деталізації та можливості швидкої візуалізації готового виробу. Сучасне програмне забезпечення для меблевого дизайну дозволяє не лише створювати тривимірні моделі, а й генерувати технічну документацію для виробництва, враховувати матеріали, фурнітуру та способи з'єднань. Одні з основних програми, що використовуються у меблевій індустрії, включають Imos iX, TopSolid'Wood, Autodesk Inventor, SolidWorks та SketchUp.

Imos iX є спеціалізованим рішенням для меблевого виробництва, що дозволяє працювати з параметричними моделями фасадів, автоматично створювати креслення та специфікації матеріалів, а також генерувати файли для верстатів з ЧПК. Це програмне забезпечення дозволяє швидко змінювати розміри рамок, типи з'єднань, розташування декоративних елементів та вставок, що значно прискорює розробку нових моделей і забезпечує точність виробництва.

TopSolid'Wood забезпечує повний цикл проєктування меблів, включаючи моделювання рамково-тахлевих фасадів, розрахунок матеріалів та фурнітури, а також створення технологічної документації. Програма підтримує роботу з різними форматами файлів і дозволяє інтегрувати проєкти з виробничими системами, що робить її корисною для великих виробництв і складних замовлень.

Autodesk Inventor та SolidWorks — це універсальні CAD-системи, які використовуються для тривимірного моделювання та механічного проєктування. Хоча вони не спеціалізовані під меблеве виробництво, вони дозволяють створювати точні 3D-моделі фасадів, аналізувати конструктивні елементи та взаємодію деталей, що корисно при проєктуванні нестандартних або дизайнерських рішень.

SketchUp — простий у використанні інструмент для швидкого моделювання меблів і інтер'єрів. Він дозволяє створювати візуалізації фасадів, оцінювати пропорції та комбінації матеріалів, а також інтегрувати моделі у більші проекти інтер'єру. SketchUp в базовій версії без додаткових плагінів не генерує технологічну документацію для ЧПК напряду, але є відмінним інструментом для початкового етапу дизайну та презентації концепцій клієнтам.

Завдяки сучасним САПР, дизайнер або інженер може швидко змінювати конфігурації фасадів, обирати оптимальні матеріали, створювати варіанти декоративних вставок та відразу оцінювати вплив цих змін на конструктивну міцність і зовнішній вигляд виробу. Інтеграція з верстатами ЧПК та автоматичне створення специфікацій роблять цей процес максимально ефективним і дозволяють скоротити час від ідеї до готового продукту.

4.1. Застосування система автоматизованого проектування Imos iX

Imos iX - це професійна система автоматизованого проектування, спеціально розроблена для меблевої промисловості та виробництва корпусних меблів (рис. 24) та (рис. 25). Програма дозволяє реалізувати повний цикл проектування рамково-тахлевих фасадів: від створення параметричних 3D-моделей до генерації технологічної документації та файлів для верстатів з ЧПК.

Основне призначення Imos iX полягає в забезпеченні точного моделювання фасадів та меблевих елементів, автоматизації креслень і розкрою матеріалів, а також прискоренні процесу розробки нових моделей та серійного виробництва.

Серед основних особливостей програми варто виділити параметричне моделювання, яке дозволяє швидко змінювати розміри рамок, конфігурації панелей, типи з'єднань і декоративні вставки, а також інтегровану бібліотеку стандартних меблевих елементів. Imos iX інтегрує управління матеріалами і фурнітурою, автоматично формуючи специфікації та кошториси, що значно

спрощує підготовку виробництва. Програма дозволяє проводити візуалізацію готових фасадів у 3D, оцінювати зовнішній вигляд, пропорції та колірні рішення, а також передбачати вплив конструктивних змін на міцність і довговічність виробу.

Переваги Imos iX полягають у високій точності проектування, можливості швидкого внесення змін без втрати параметрів, інтеграції з ЧПК-обладнанням та зменшенні часу від концепції до готового виробу. Програма значно знижує ризик помилок при підготовці креслень і дозволяє оптимізувати витрати матеріалів. Вона підходить як для великих меблевих фабрик, так і для дизайнерських студій, де важлива швидкість та точність роботи.

Недоліки Imos iX пов'язані з високою вартістю ліцензії та необхідністю професійного навчання для ефективного використання всіх функцій. Також, через спеціалізацію під меблеве виробництво, програма менш універсальна для інженерного моделювання поза сферою меблів, що обмежує її застосування у суміжних галузях.

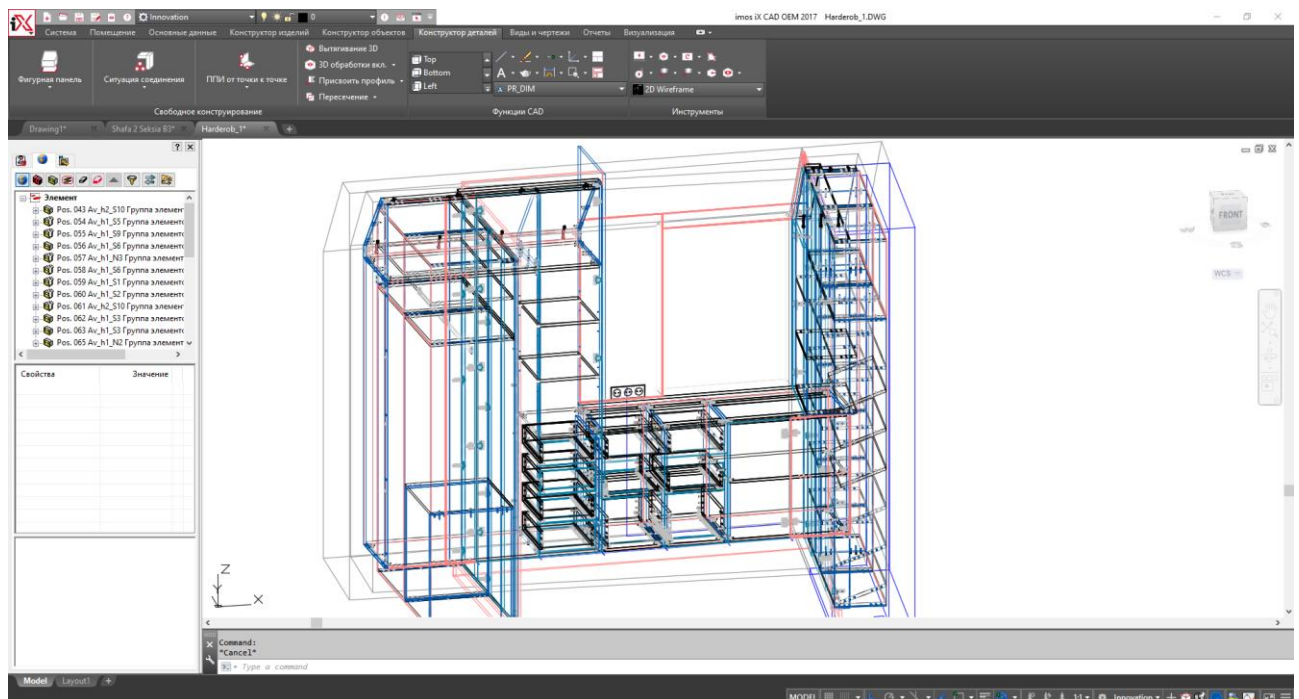


Рис. 24. Приклад реалізації меблевих виробів в САПР Imos iX.

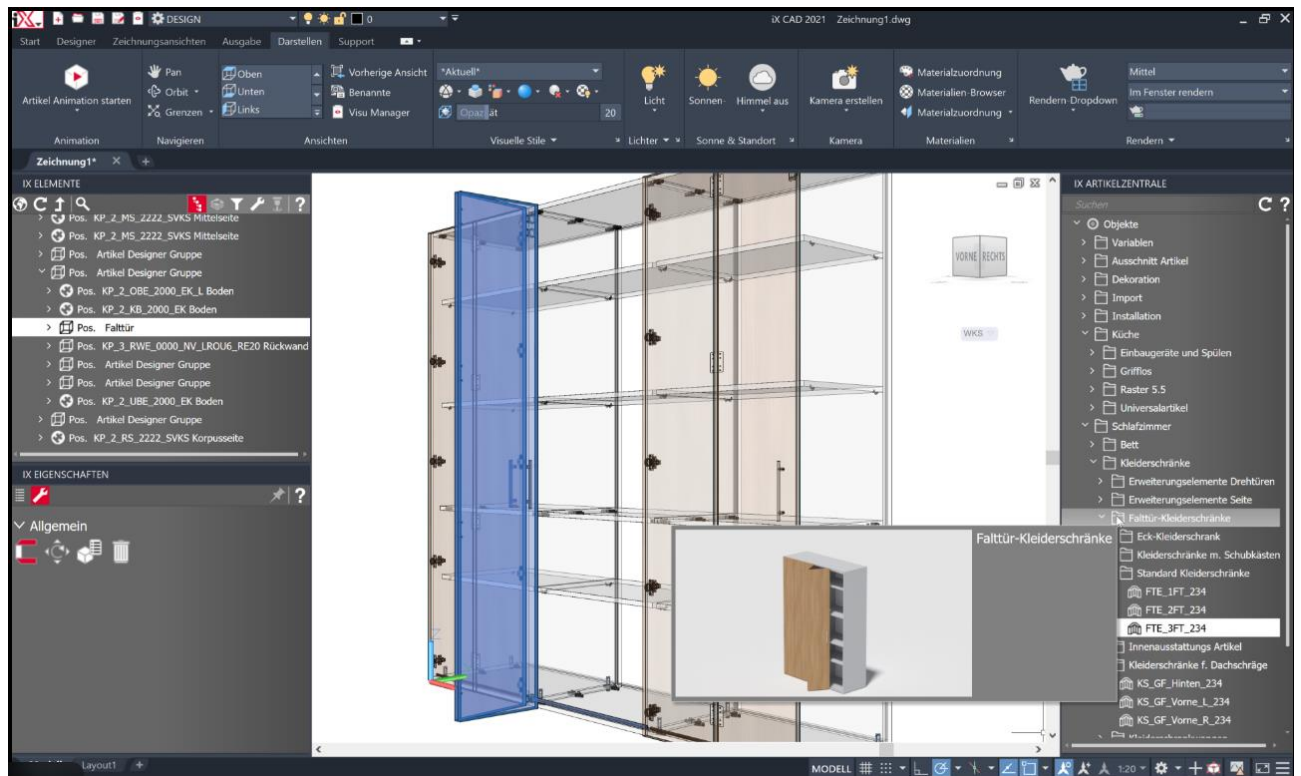


Рис. 25. Приклад реалізації меблевих виробів в САПР Imos iX.

4.2. Застосування система автоматизованого проектування TopSolid'Wood

TopSolid'Wood - це професійна CAD/CAM-система, спеціально створена для проектування меблів і виробництва дерев'яних елементів (рис. 26) та (рис. 27). Програма дозволяє розробляти 3D-моделі рамково-тахлевих фасадів, а також автоматично генерувати технічну документацію, специфікації матеріалів і фурнітури. Основне призначення TopSolid'Wood полягає у комплексній підтримці всього виробничого циклу меблевого виробництва: від проектування до підготовки деталей для верстатів з ЧПК, оптимізації розкрою матеріалів і контролю якості.

Серед особливостей програми варто відзначити інтегровану бібліотеку стандартних меблевих елементів, можливість параметричного моделювання фасадів, автоматичне створення креслень і розгорток панелей, а також підтримку різних форматів файлів для сумісності з іншими САД-системами. Програма дозволяє моделювати будь-які типи фасадів, від класичних рамково-

тахлевих до сучасних комбінованих із скляними або декоративними вставками, і одразу оцінювати конструктивну міцність елементів.

Переваги TopSolid'Wood включають високий рівень автоматизації виробничих процесів, точне проектування та зручну інтеграцію з верстатами ЧПК, що дозволяє зменшити час підготовки і витрати матеріалів. Програма також підтримує комплексну роботу з великими замовленнями і серійним виробництвом, що робить її ідеальною для меблевих фабрик і майстерень середнього та великого рівня.

Серед недоліків можна відзначити складність освоєння програми для новачків, високу вартість ліцензії та необхідність потужного апаратного забезпечення для роботи з великими 3D-проектами. Крім того, інтерфейс програми може здатися менш інтуїтивним порівняно з більш простими САД-системами, що потребує додаткового навчання персоналу.

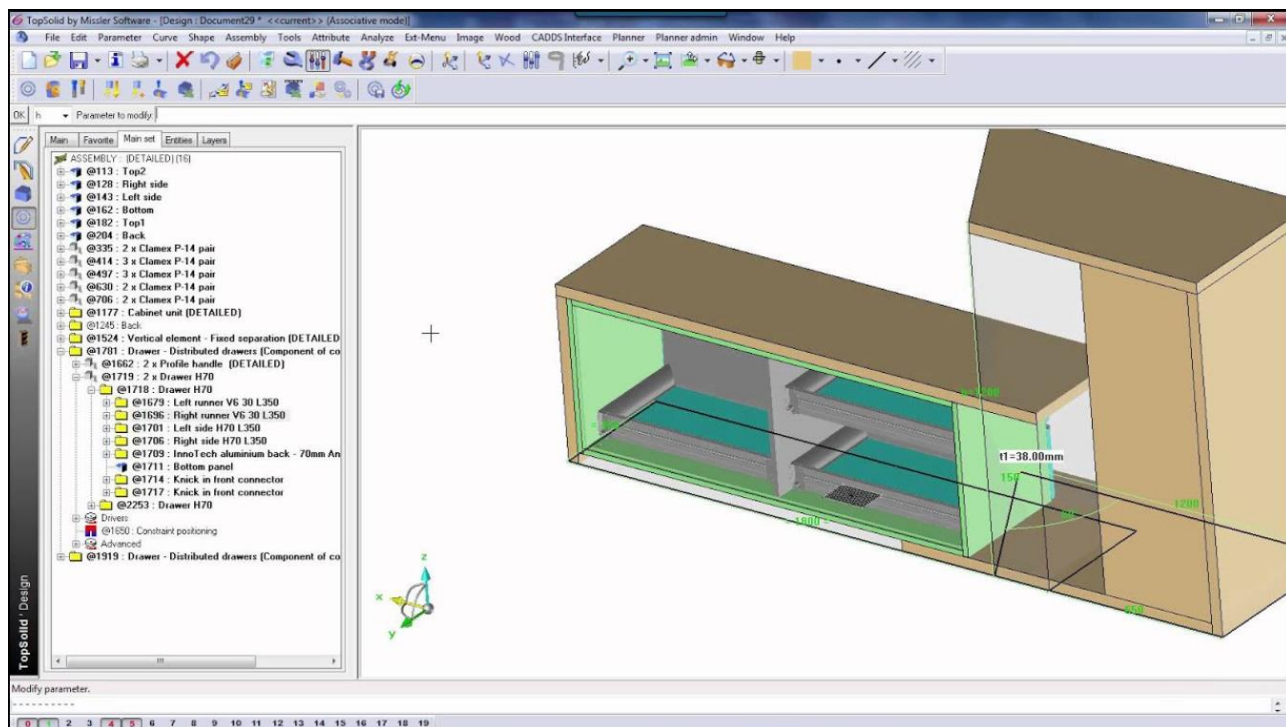


Рис. 26. Приклад реалізації меблевих виробів в САПР TopSolid'Wood

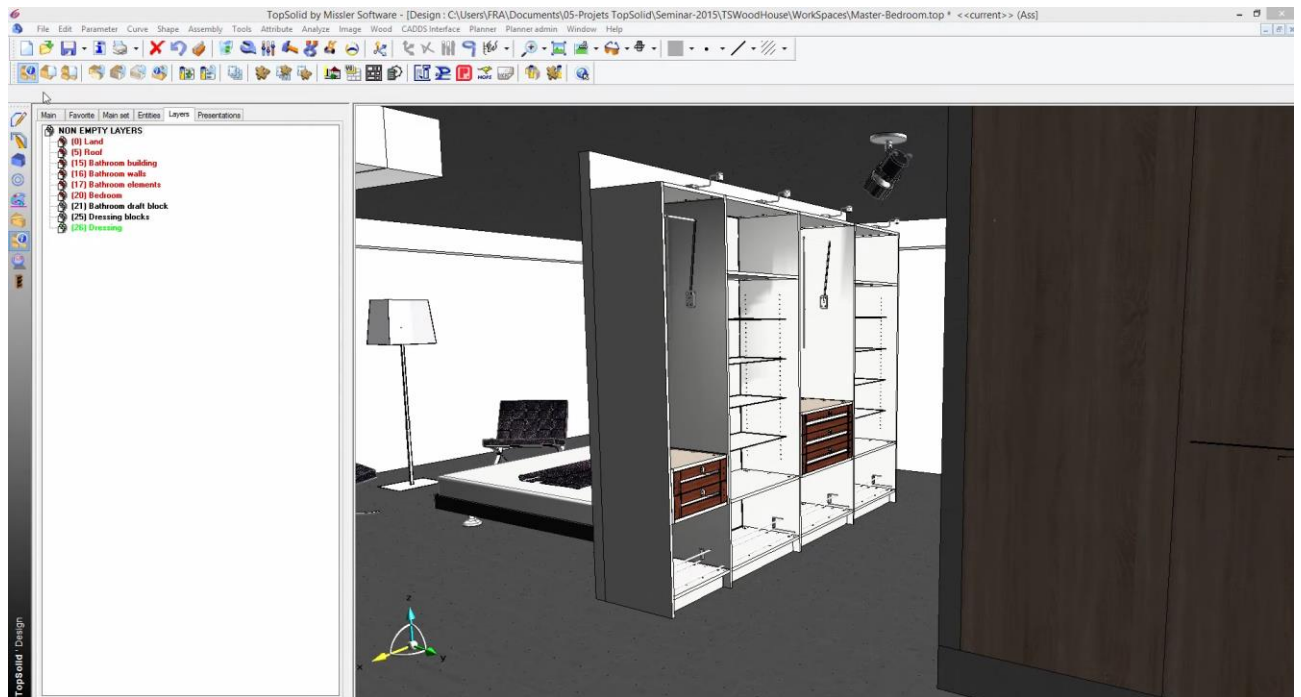


Рис. 27. Приклад реалізації меблевих виробів в САПР TopSolid'Wood

4.3. Застосування Autodesk Inventor та SolidWorks

Autodesk Inventor та SolidWorks належать до групи високопотужних систем тривимірного параметричного моделювання, що широко застосовуються у машинобудуванні, промисловому дизайні та складальному проектуванні. Хоча ці програми не спеціалізуються безпосередньо на меблевій галузі, вони активно використовуються для моделювання рамково-тахлевих фасадів завдяки високій точності побудови, гнучким параметричним інструментам та можливості створення складних конструктивних моделей.

Autodesk Inventor забезпечує інженерний підхід до проектування, де рамка, тахля, пазові чи шипові з'єднання, а також декоративні елементи задаються як параметричні об'єкти, що можуть змінюватися відповідно до конструкторських вимог (рис. 28). Завдяки детальній системі залежностей конструктор може легко змінювати ширину рамки, профіль фрезерування, товщину щита чи зазори між елементами, отримуючи повну перебудову всього фасаду. Однією з ключових можливостей Inventor є створення адаптивних моделей, які

підлаштовуються під розміри корпусних виробів, що робить софт зручним при проектуванні нестандартних фасадів у меблевих системах.

SolidWorks має схожий принцип роботи, але вирізняється особливо високою швидкістю побудови та інтуїтивністю інтерфейсу (рис. 29). Він дозволяє моделювати фасади як окремі деталі або як складальні вузли, у яких кожен елемент — царга, стійка, тахля, профіль чи фрезерування — визначається окремими параметрами. Для моделювання дерев'яних фасадів SolidWorks часто використовують завдяки можливості застосування текстур деревини, прозорості, рельєфних карт та реалізму при візуалізації. Це робить програму зручною для створення наочних моделей, які можна використовувати для презентації замовнику, дизайну інтер'єру або попереднього погодження конструктивних рішень.

Обидві програми вирізняються високою точністю геометричного моделювання, що дозволяє детально опрацьовувати конструкцію з'єднань, включаючи традиційні дерев'яні замки, шипи та пази, фрезеровані профілі, рамкові ослаблення та інші параметри, характерні для виготовлення рамково-тахлевих фасадів. Завдяки цьому конструктор отримує можливість не лише створювати візуально привабливі моделі, а й оцінювати міцність, кутові напруження, жорсткість конструкції та інші механічні характеристики під час експлуатації.

Попри значні переваги, Autodesk Inventor та SolidWorks мають низку обмежень у меблевому виробництві. Вони не містять вбудованих бібліотек меблевої фурнітури, не формують автоматично карт розкрою, специфікацій матеріалів для плит, CNC-маршрутів чи схем присаджування згідно з меблевими стандартами. Це означає, що частину роботи доводиться виконувати вручну або інтегрувати додаткове програмне забезпечення. Також ці програми не підтримують автоматичну побудову фасадів «з параметричних шаблонів», як це робить Imos або TopSolid'Wood, що сповільнює рутинні операції.

Втім, Inventor і SolidWorks особливо цінні тоді, коли проектування потребує нетипових конструктивних рішень, складних профільних фрезерувань, нестандартної геометрії або підвищеної точності. Вони залишаються найкращими інструментами для високоточних інженерних меблевих проєктів, де важлива деталізація, міцнісні характеристики та можливість проведення віртуальних випробувань конструкції.

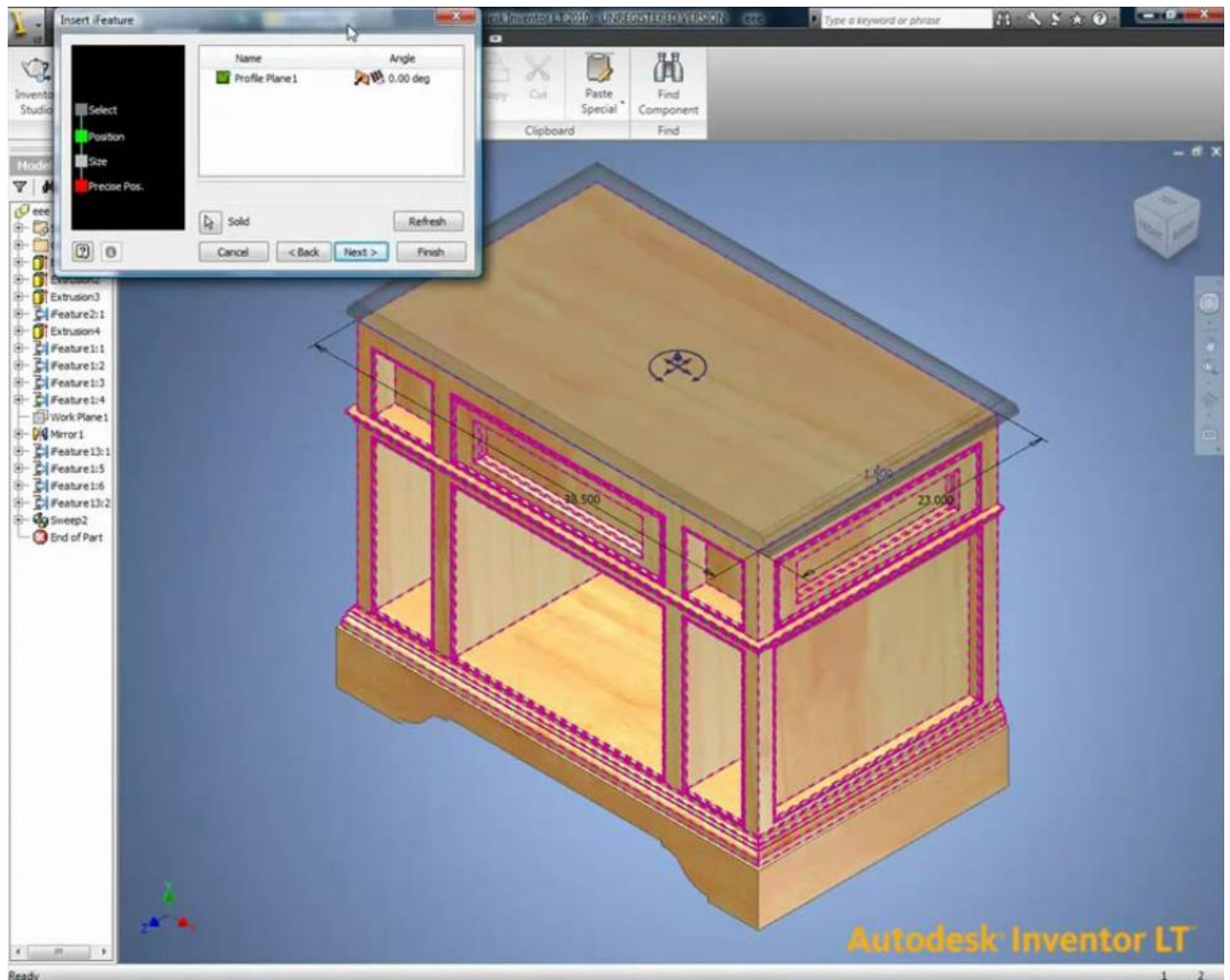


Рис. 28. Приклад реалізації меблевих виробів в Autodesk Inventor.

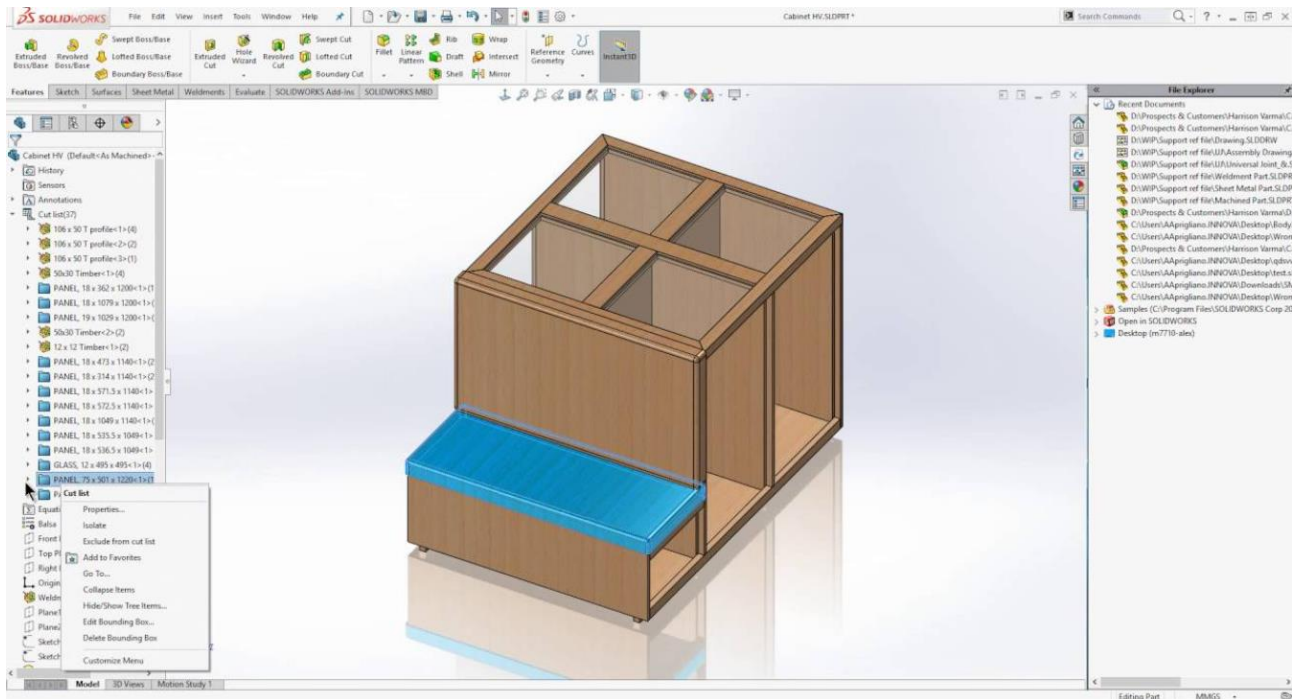


Рис. 29. Приклад реалізації меблевих виробів в SolidWorks.

4.4. Застосування програм тривимірного моделювання SketchUp

SketchUp є однією з найбільш популярних систем тривимірного моделювання у сфері дизайну інтер'єру, архітектури та меблевого проектування (рис. 30) та (рис. 31). Попри свою відносну простоту, програма часто використовується для створення моделей рамково-тахлевих фасадів завдяки можливості швидкого моделювання геометрії, зручній роботі з текстурами та великій спільноті, що підтримує бібліотеку готових об'єктів. Основною особливістю SketchUp є інтуїтивна система побудови, яка дозволяє створювати моделі за кілька хвилин, використовуючи інструменти малювання, екструзії та копіювання, без складних параметричних налаштувань, характерних для професійних САПР.

При моделюванні рамково-тахлевих фасадів у SketchUp рамка дверки, тахля, профілі та врізки створюються за допомогою простих інструментів та групування елементів. Це дозволяє конструктору швидко формувати візуальну концепцію фасаду та адаптувати розміри відповідно до габаритів кухні чи меблевого виробу. На відміну від параметричних САПР, зміна розмірів не відбувається автоматично — однак логіка компонентів у SketchUp дає змогу

створити власні «динамічні компоненти», які здатні частково підлаштовуватися під вказані розміри. Ця функція активно використовується дизайнерами меблів, що значно пришвидшує моделювання різних конфігурацій фасадів.

Суттєвою перевагою SketchUp є розширена бібліотека текстур, включаючи високоякісні матеріали деревини, що дозволяє максимально реалістично відтворювати зовнішній вигляд рамко-тахлевих фасадів, підбирати колір, тонування, структуру волокон та варіанти фрезерування. Використання рендерушіїв, таких як V-Ray чи Enscape, підсилює можливість отримувати фотореалістичні зображення майбутнього виробу, що особливо корисно під час презентацій для замовника або погодження дизайнерських рішень.

Проте SketchUp має свої обмеження у контексті професійного меблевого виробництва. Він не має вбудованих інструментів для автоматичного генерування специфікацій, карт розкрою, CNC-даних чи технологічної документації. Для цього необхідно використовувати додаткові плагіни, такі як **SketchUp CutList**, **OpenCutList**, **CabMaker**, **Wudworx** або інтегрувати програму з іншими САПР-системами. Це робить SketchUp більш інструментом для проєктування та візуалізації, ніж для повного технологічного циклу виготовлення меблів.

Утім, низький поріг входження, простота інтерфейсу, наявність 3D Warehouse з величезною кількістю безкоштовних моделей та швидкість створення концепцій роблять SketchUp одним з найпоширеніших інструментів на етапах ескізного та дизайнерського проєктування рамково-тахлевих фасадів. Він є чудовим вибором для формування візуальної концепції майбутнього виробу, попереднього опрацювання конструкції та погодження архітектурних рішень із замовником, проте для точного інженерного опрацювання або підготовки виробничих даних доцільніше використовувати спеціалізовані САПР, такі як Imos або TopSolid'Wood.

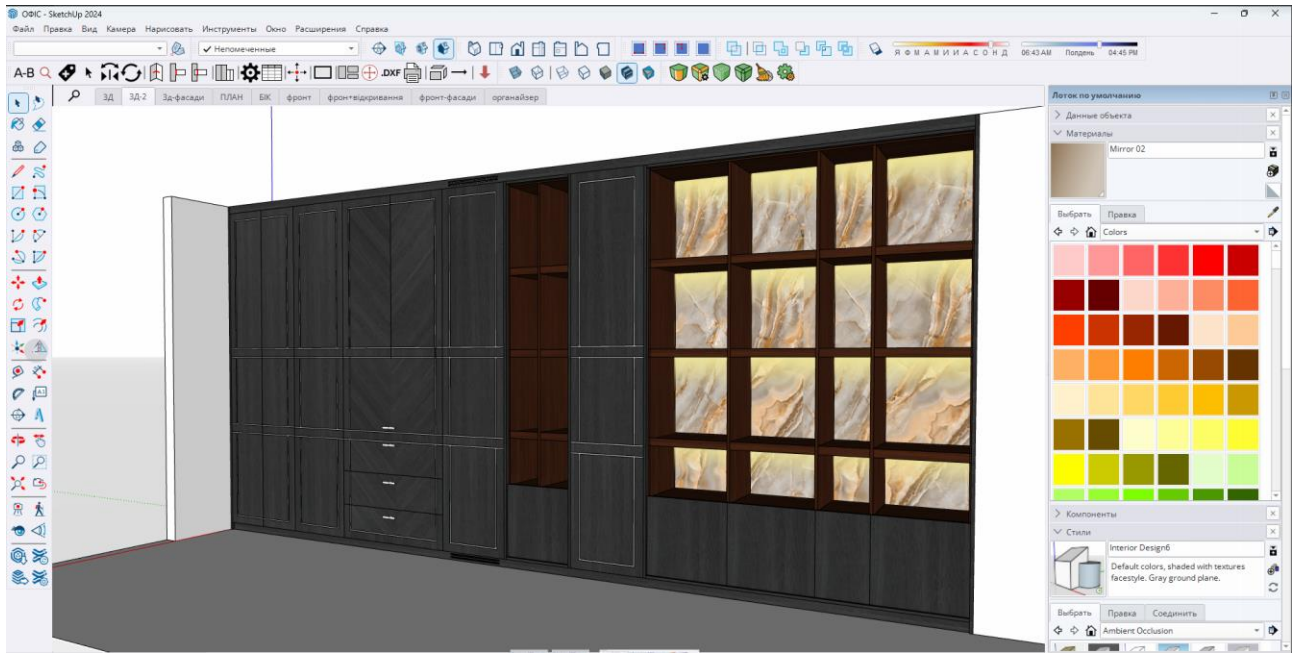


Рис. 30. Проектування меблевих виробів в SketchUp.

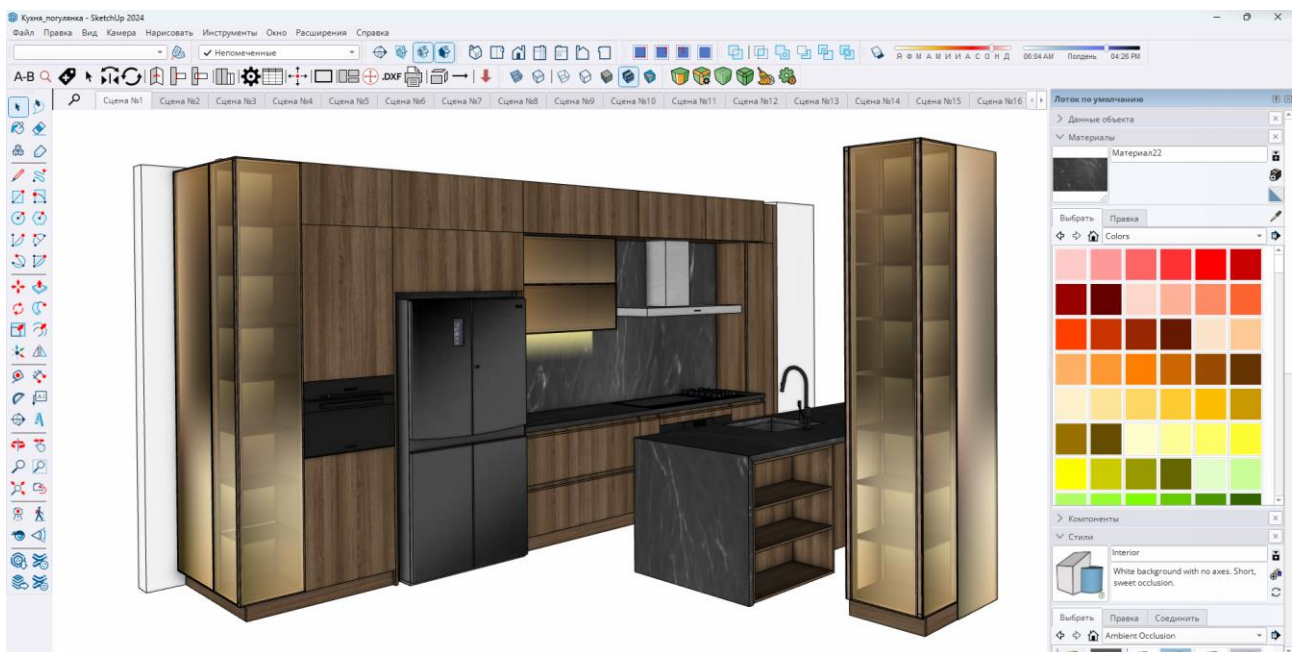


Рис. 31. Проектування меблевих виробів в SketchUp.

5. ПРОЦЕС ПРОЄКТУВАННЯ РАМКО_ТАХЛЕВОГО ФАСАДУ В САПР IMOS IX

Система автоматизованого проєктування Imos iX є однією з найбільш ефективних та спеціалізованих платформ для моделювання меблевих виробів, зокрема для створення рамково-тахлевих фасадів із масивної деревини. Програма інтегрує тривимірне параметричне моделювання, засоби підготовки робочої документації та автоматичної генерації керуючих програм для верстатів з ЧПК. Завдяки таким можливостям Imos забезпечує повний цикл виробництва — від побудови моделі фасаду до готових інструкцій для розкрою, фрезерування та складання.

Основною перевагою Imos iX є глибока адаптивність параметричних моделей, що дозволяє змінювати ширину рамок, профіль фрезерування, розміри тахлі, величину зазорів, конструктивний тип з'єднань і способи кріплення без необхідності перебудови всієї моделі вручну. Це є особливо важливим у проєктуванні рамкових фасадів, де навіть незначна зміна товщини панелі, ширини царги чи розміру технологічних відступів впливає на структуру та технологію виготовлення

5.1 Створення параметричної моделі фасаду

В даному прикладі створюємо збірний елемент, оскільки він буде складатися з рамки та тахлі. Кожній деталі ми присвоюємо власну характеристику деталі. Всі деталі які знаходяться в збірці є дочірніми елементами, а сама збірка виступає материнською.

Почнемо зі створення дочірніх елементів необхідно створити тахлю, вертикальні елементи рами та горизонтальні. Також необхідно створити змінні з типом числом яке буде визначати ширину рамкового профіля.

Відкриваємо Програмне забезпечення Imos iX. В якому обираємо діалогове вікно “Основні дані” , в якому двома кліками миші переходимо в “Менеджер елементів” (рис. 32).

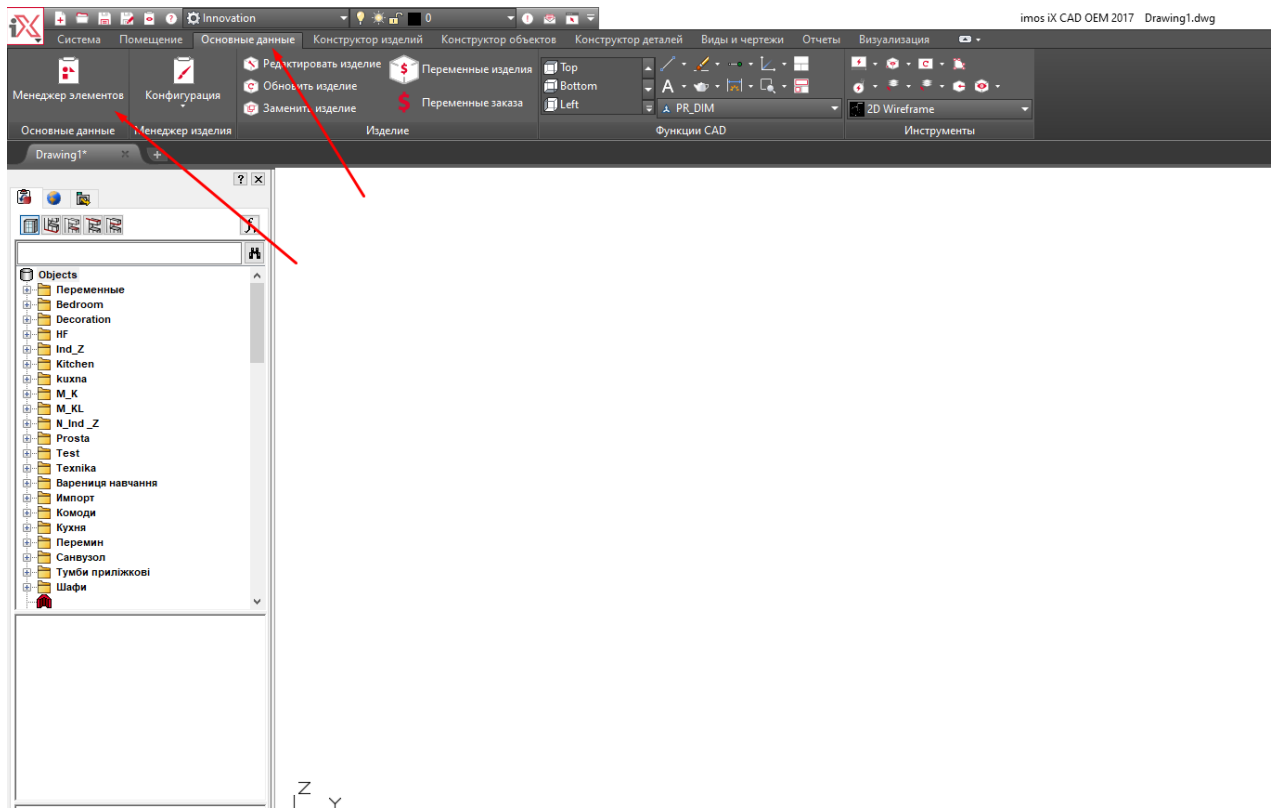


Рис. 32. Відкриття “менеджері елементів”

В “Менеджері елементів” створюємо нову групу змінних і називаємо її “Fasag_ram_tax” (рис. 33).

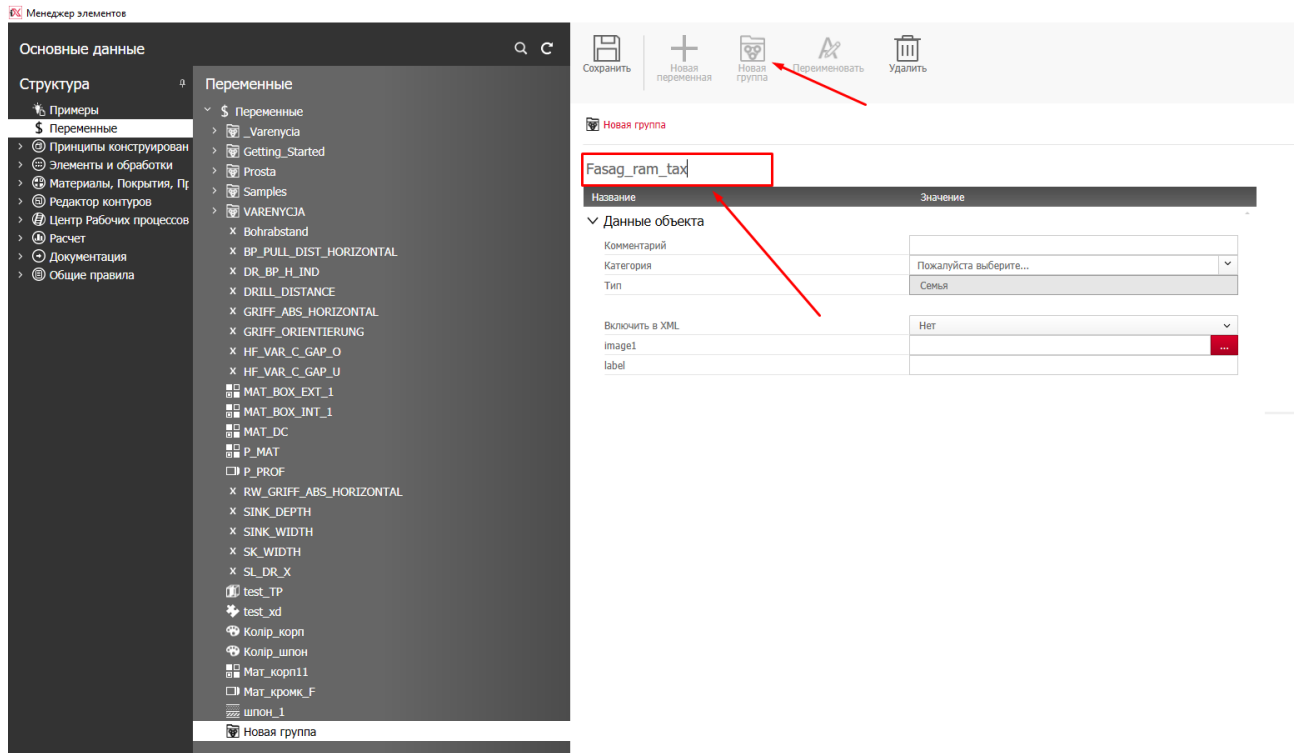


Рис. 33. Створення нової групи змінних в “менеджері елементів”

В створеній групі змінних “Fasag_ram_tax” натискаємо на + , що означає створення змінної. В розділі “Тип” вибираємо значення “число” (рис. 34).

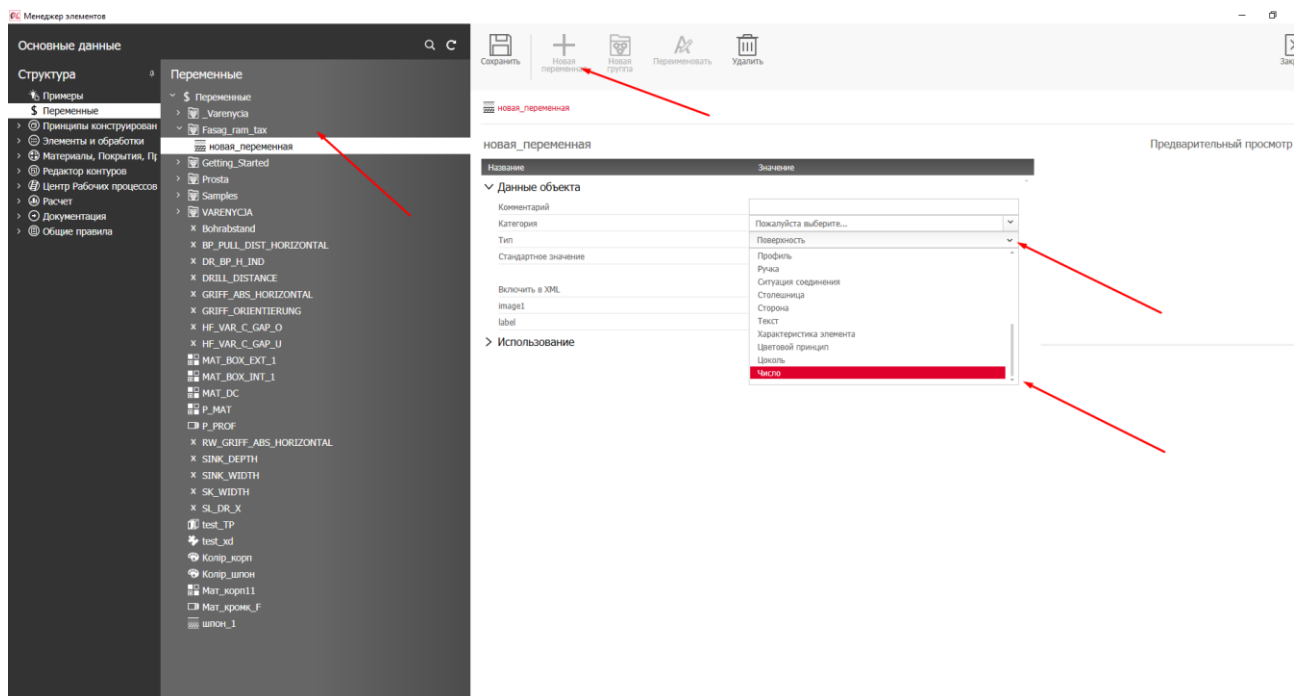


Рис. 34. Створення змінної в “менеджері елементів”

В “Стандартні значення” вписуємо число 80, це означає що ширина профіля рами по замовчуванні буде 80 мм. це значення можна змінити на необхідне залежно від необхідного. Присвоюємо назву змінній “FR_Ramka”. Де FR – фасад рамковий, Rama – рамка фасада, зберігаємо файл (рис. 35).

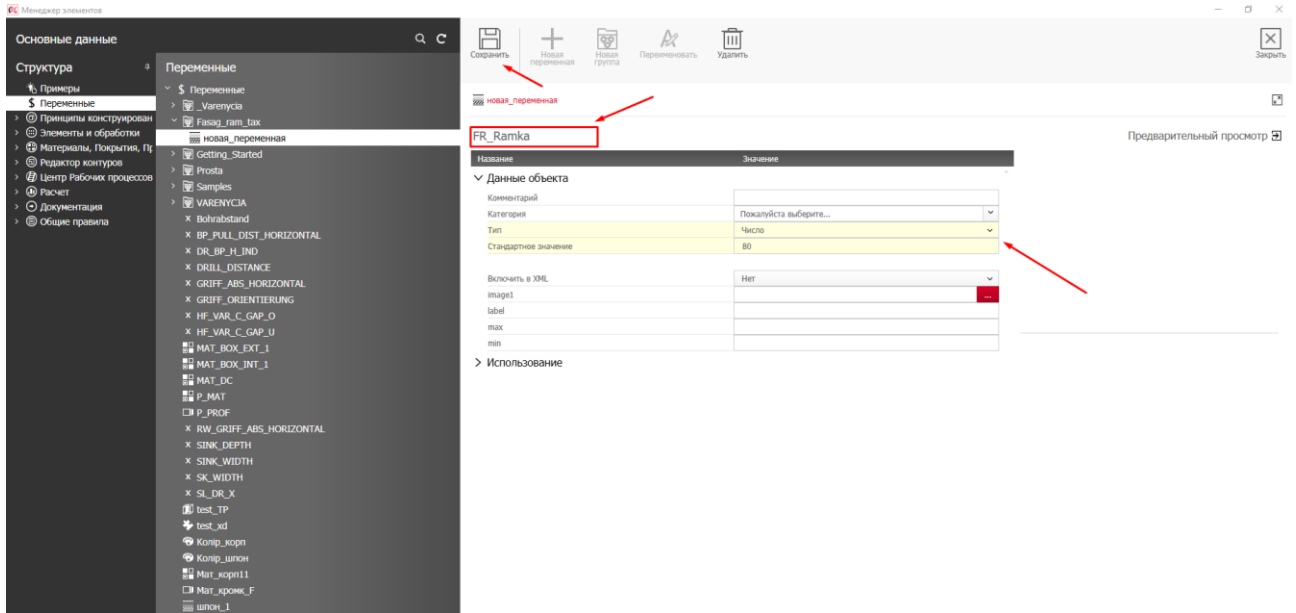


Рис. 35. Редагування параметрів змінних в “менеджері елементів”.

Наступний крок створення характеристики деталі. В “Принципи конструювання”, обирано підрозділ “Елементи”, у якому переходим на ще “Характеристики деталей” (рис. 36).

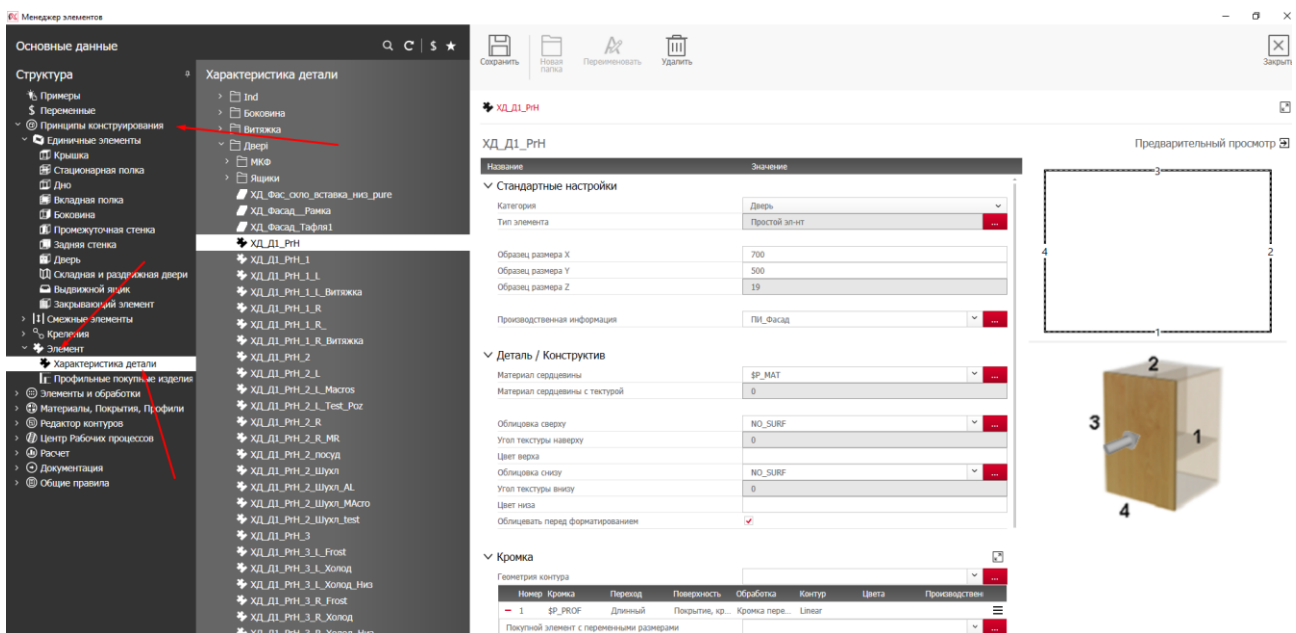


Рис. 36. Перехід до “характеристик деталей” в “менеджері елементів”.

В “Характеристики деталей” вибирає найбільш підходячу деталь з існуючих. Перейменовуємо в “ХД_ЗБФ_ДВВ”. Де ХД – характеристика деталі, ЗБФ- збірний фасад, ДВВ – елемент вертикальна. Перейменовану деталь зберігаємо (рис. 37).

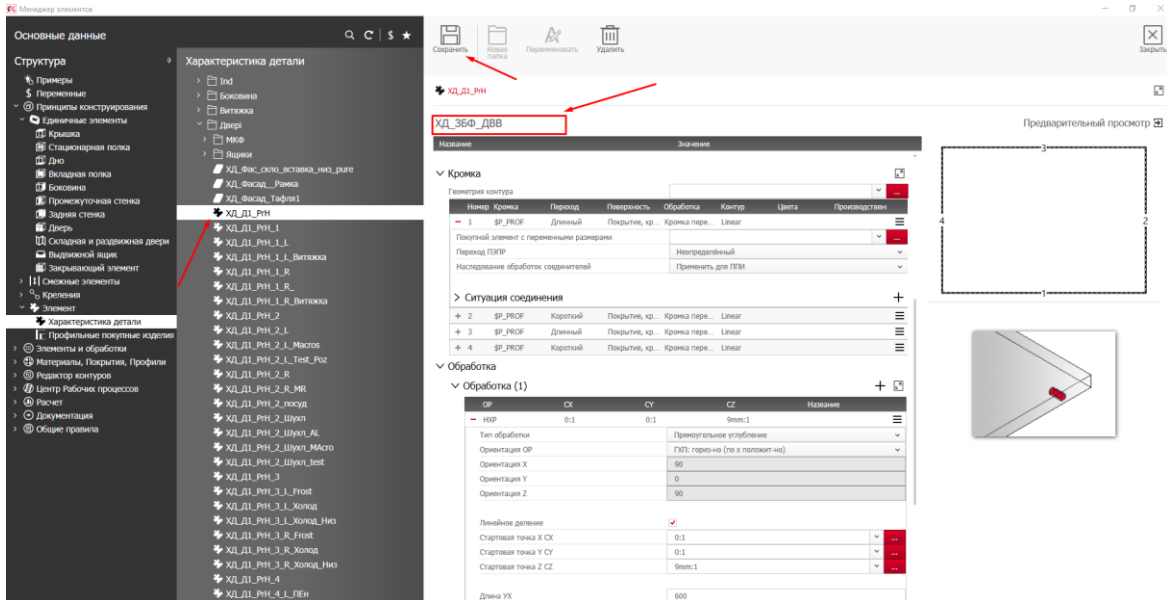


Рис. 37 Створення “характеристики деталі” в “менеджері елементів”

Створюємо нову папку для рамкових фасадів перенесимо елемент в папку. На вибраний елемент “ХД_ЗБФ_ДВВ” натискаємо правою клавішею миші. В вікні яке з’явлося натискаємо “вирізати” (рис. 38).

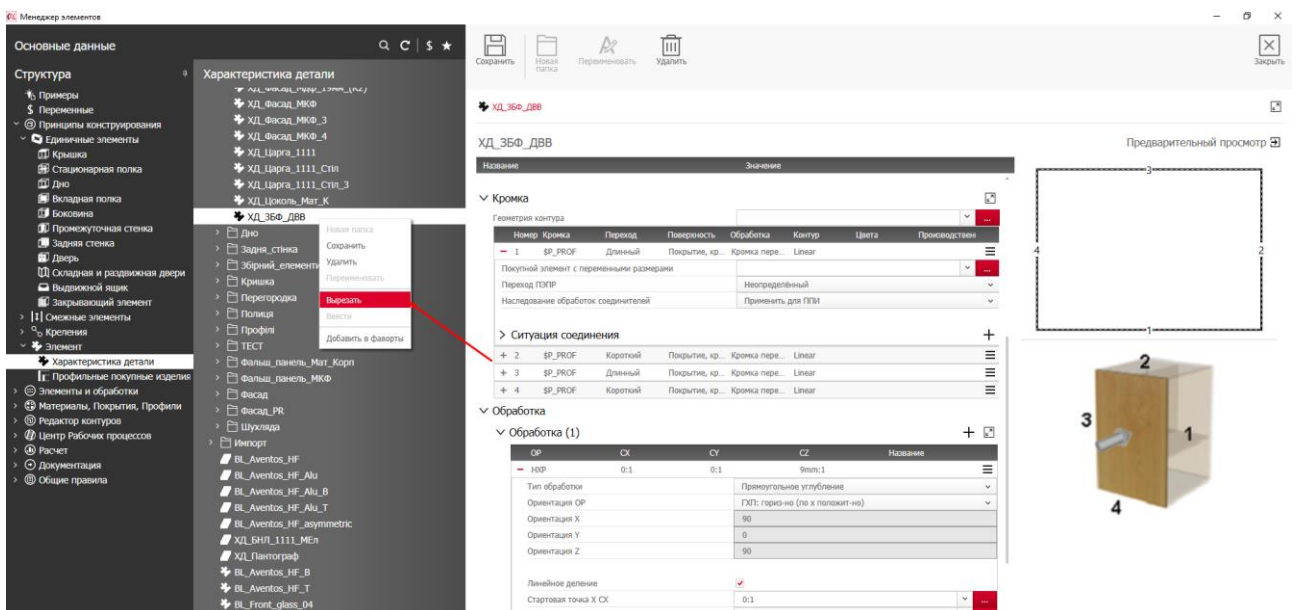


Рис. 38. Переміщення “характеристики деталі”

Вставляємо деталь в створену папку “NK” >>> “Двері” >>> “Збірні”. В деталі “ХД_ЗБФ_ДВВ” встановлюємо крайку вибравши змінну для неї “\$Мат_кромк” і повторю цю дію на всіх чотирох сторонах (рис 39).

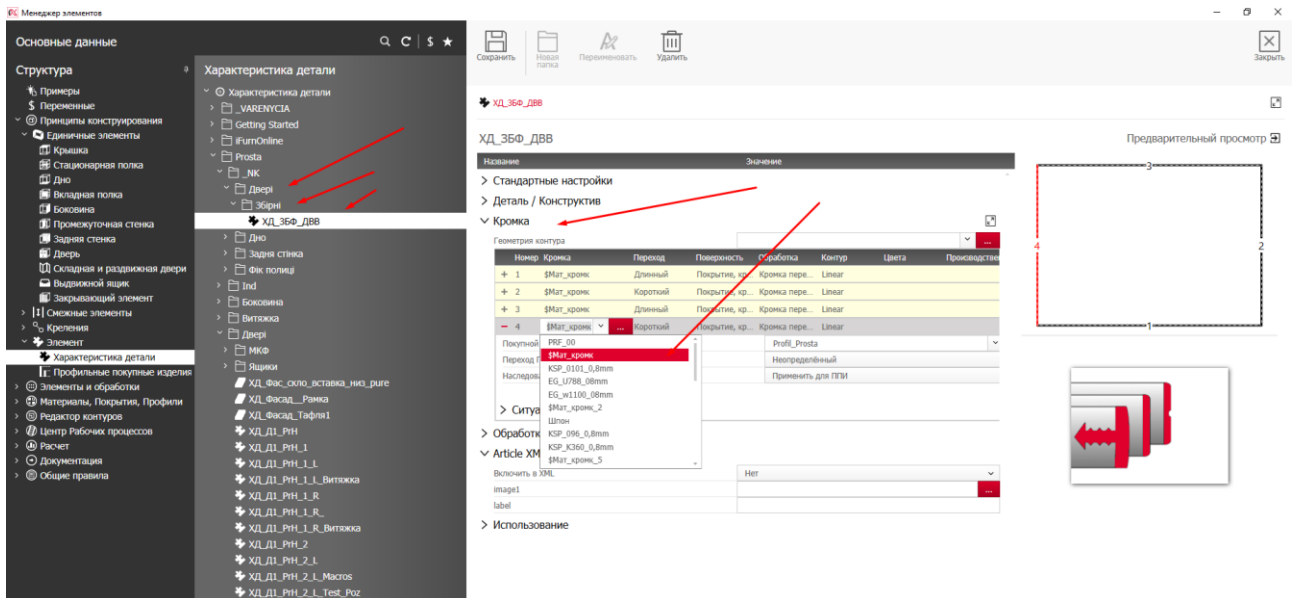


Рис. 39. Редагування “характеристики деталі” додавання крайки

Наступним кроком задаємо вибірку чверті. Переходимо в розділ “Обработка” в якому натискаємо на “+”, тим самим створюємо нову обробку деталі. В вікні яке з'явилося вибираємо і прописуємо необхідні параметри. В “Тип обробки” обираємо “Паз” (рис. 40).

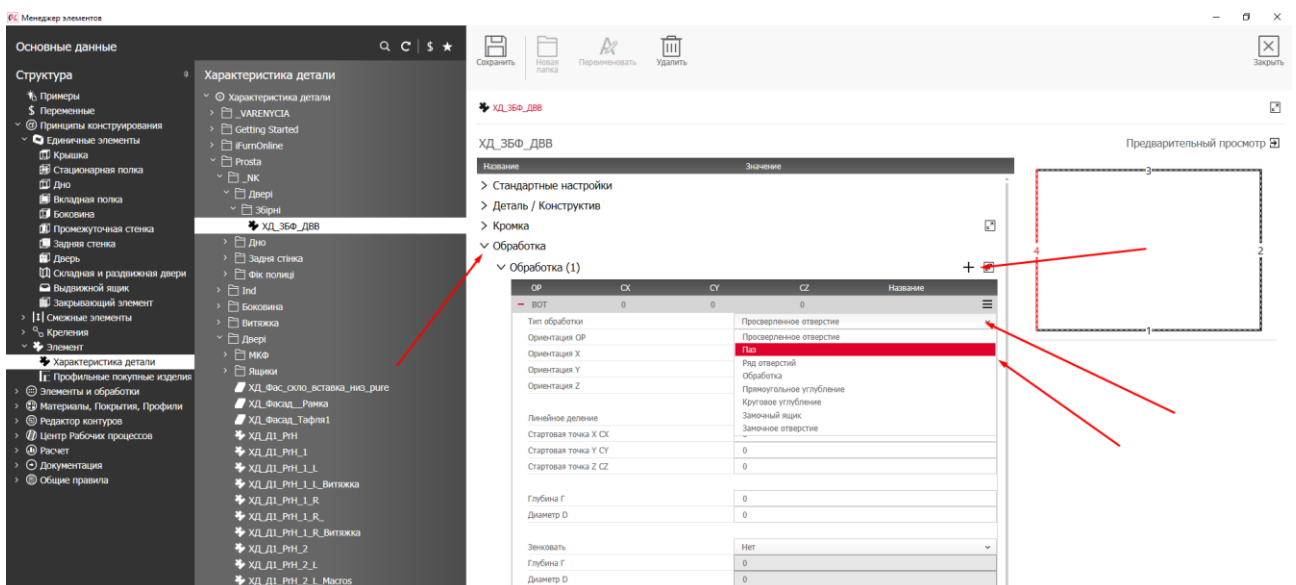


Рис. 40. Редагування “характеристики деталі” додавання обробки

В “Орієнтації ОР” вибираємо поверхню по якій буде виконуватися обробка пазу. Для позиціонування пазу використаємо лінійне ділення. Початкову точку прописуємо як “\$FR_Ramka mm-17.5mm:1”. Де FR_Ramka mm – ширина рами в мм. , 17.5 мм змінне значення відповідно до типу і виду інструменту яким буде проводитися обробка. Кінцева точка прописуємо як “1:\$FR_Ramka mm-17.5mm” (рис. 41).

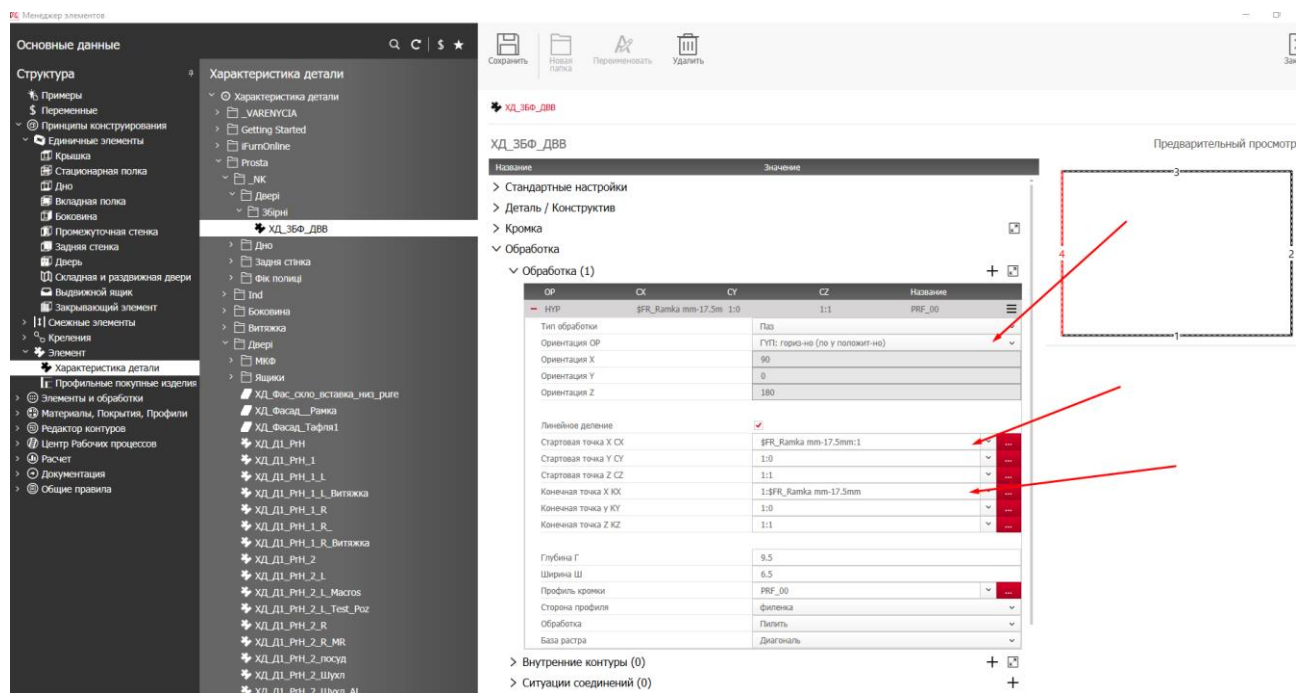


Рис. 41. Зміна параметрів обробки “характеристики деталі”

Наступним кроком є встановлення параметрів пазу, в даному прикладі було прописуємо через сталі величини, глибина 9.5мм, ширина 6.5мм проте ці значення також можна прописати через змінні. Профіль кромки ставим значення “PRF_00”. Яке означає відсутність кромки (рис. 42).

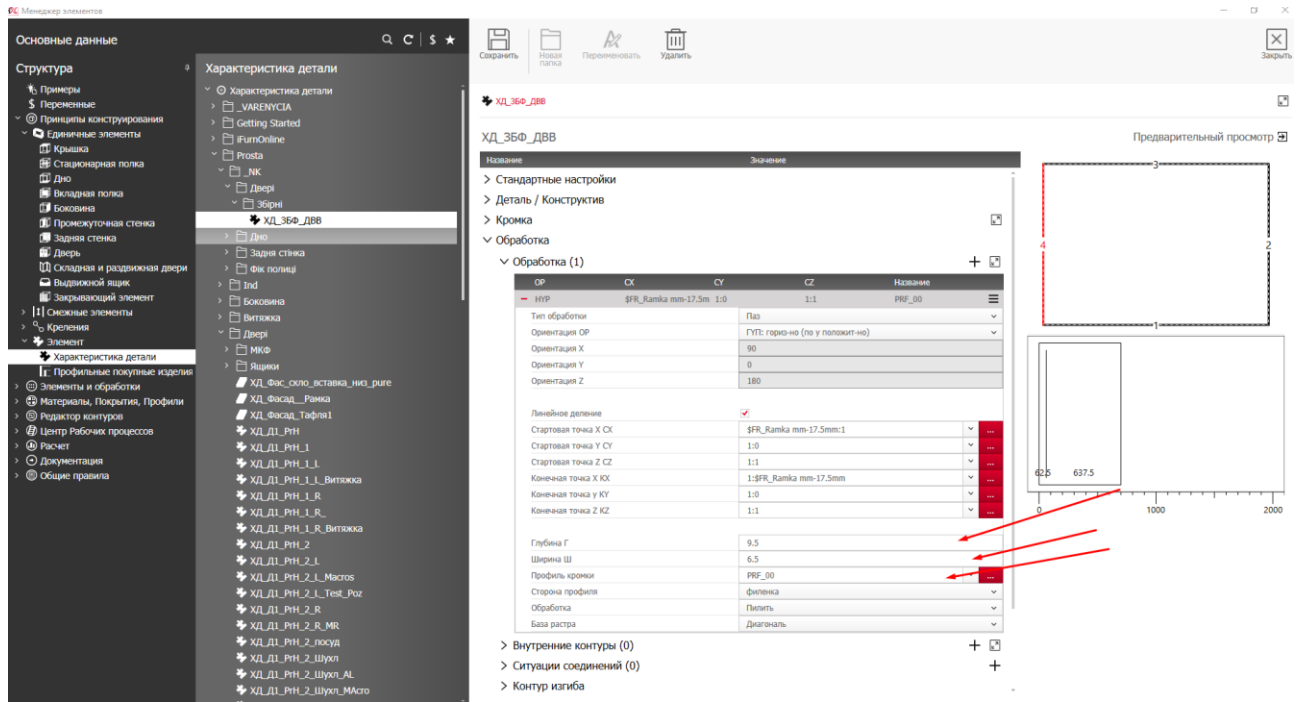


Рис. 42. Зміна параметрів обробки “характеристики деталі”

Наступний крок створення горизонтальної деталі фасаду. Обираємо створену вертикальну деталь “ХД_ЗБФ_ДВВ” на основі якої створюємо нову “ХД_ЗБФ_ДВГ”, а саме перейменовуємо і зберігаємо (рис. 43).

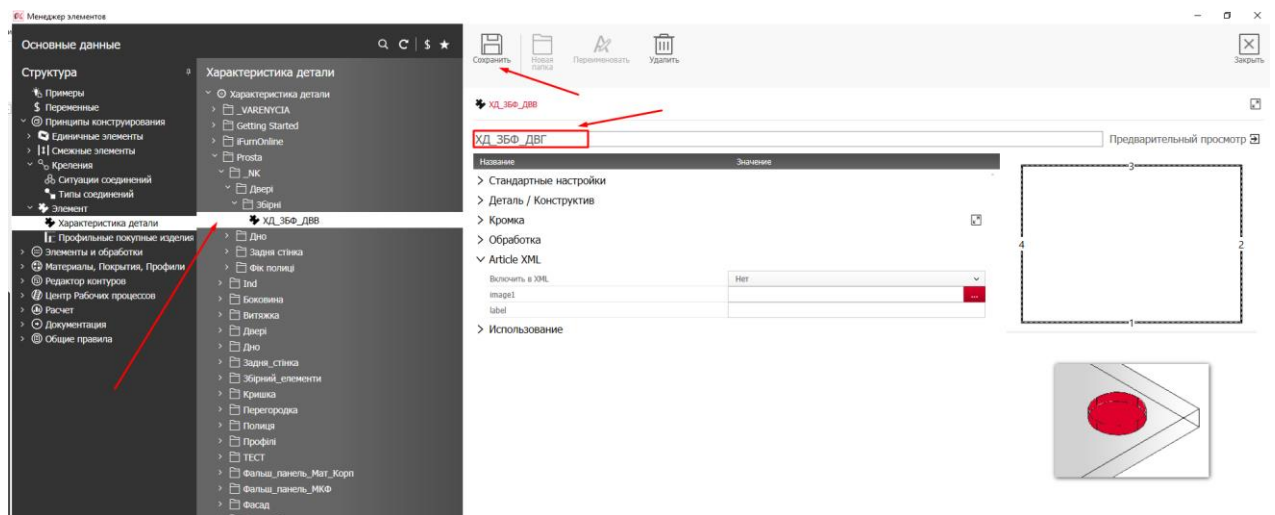


Рис. 43. Створення нової “характеристики деталі”

Тепер необхідно додати “ситуації з’єднання” для з’єднання елементів фасаду. З’єднання присвоюємо до сторін 2 та 4. Натискаємо на “+” створює нове з’єднання деталі. В вікні яке з’явилося переходим червоний прямокутник з

трьома крапками в середині. Переходимо в ситуації з'єднання, де вибираємо з'єднання на шканти (рис. 44).

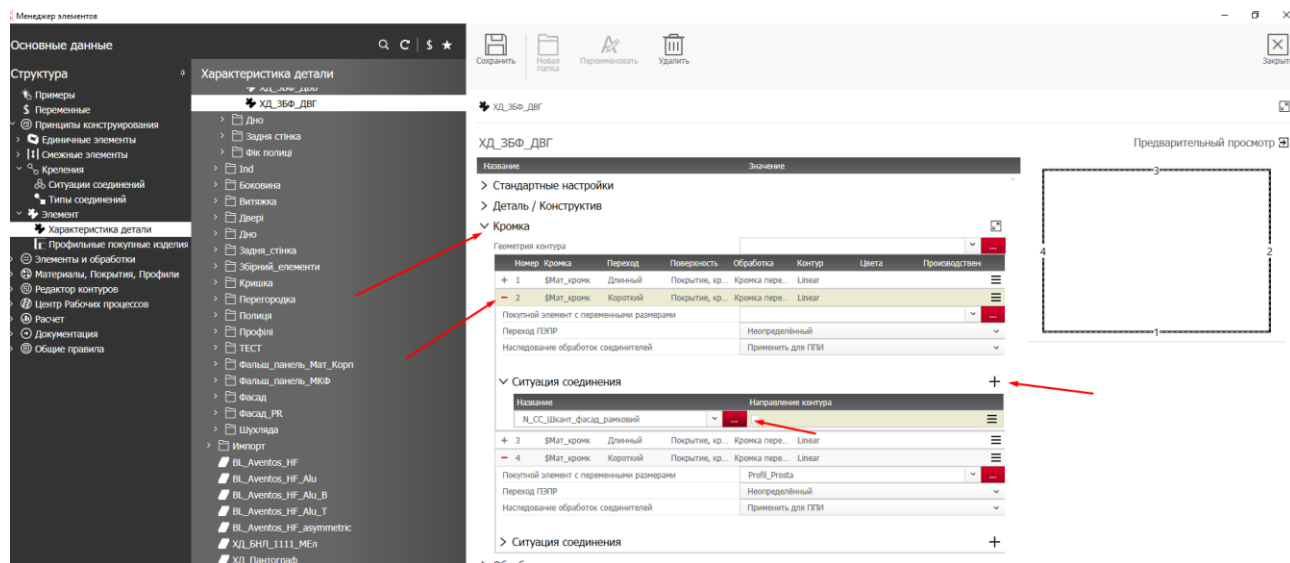


Рис. 44. Присвоення ситуації з'єднання до “характеристики деталі”

Повторюємо виконані дії для сторни під номером 4 (рис. 45).

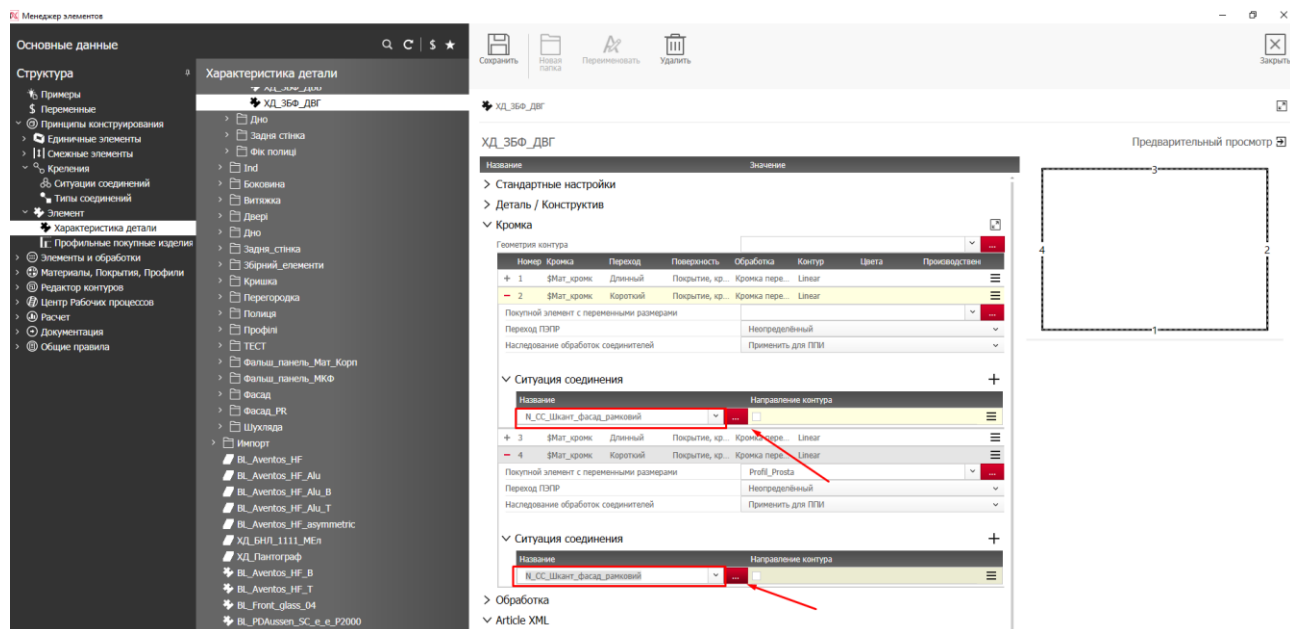


Рис. 45. Присвоення ситуації з'єднання до “характеристики деталі”

Необхідно змінити налаштування в обробці, для горизонтальної деталі паз має проходити через всю довжину. В початкове точку прописуємо “-10 mm:1”.

Де -10 значає, що обробка пазу розпочнеться за межами деталі це збереже інструмент та цілісність елемента. Кінцеву точку прописуємо навпаки як “1:-10mm”, параметри пазу залишаємо попередні і зберігаємо (рис. 46).

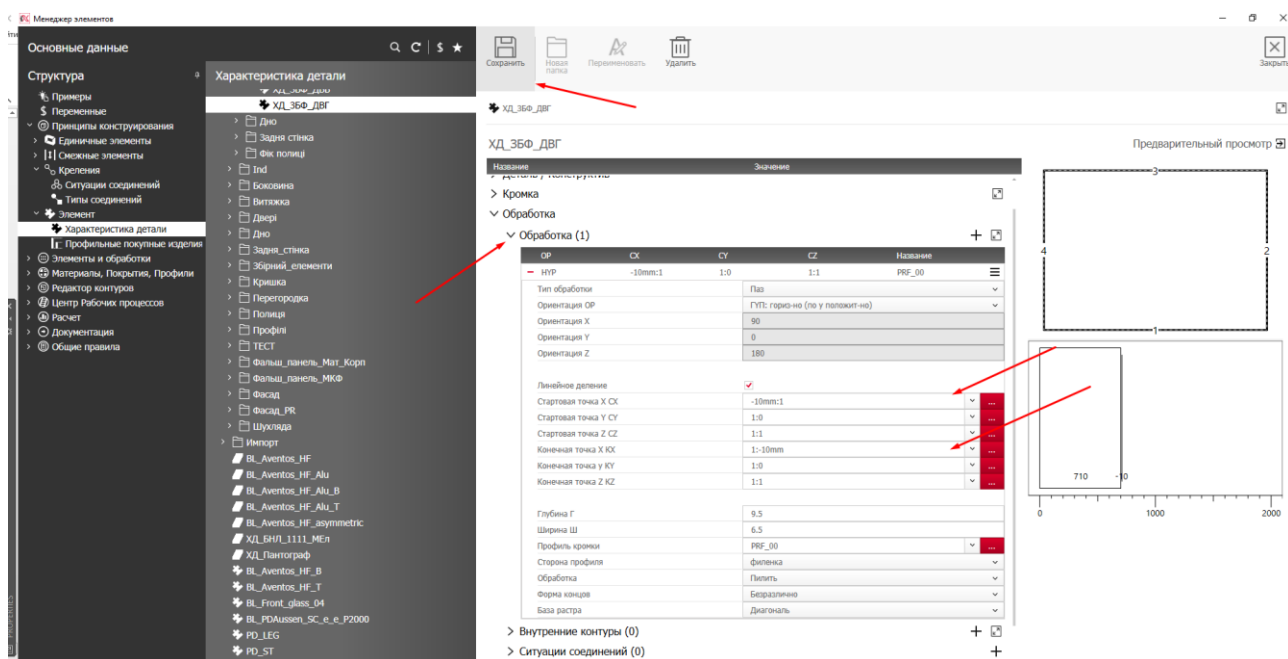


Рис. 46. Редагування параметрів обробки в “характеристики деталі”

Для рамкоптахлевого фасаду є створені горизонтальні та вертикальні елементи рами, наступним кроком буде створення тахлі. Перейменуємо існуючий елемент “ХД_ЗБФ_ДВГ” в “ХД_ЗБФ_тахля_скло_6_мм”, змінюємо матеріал. Для зміни переходимо в розділ “Матеріар серцевини” (рис. 47).

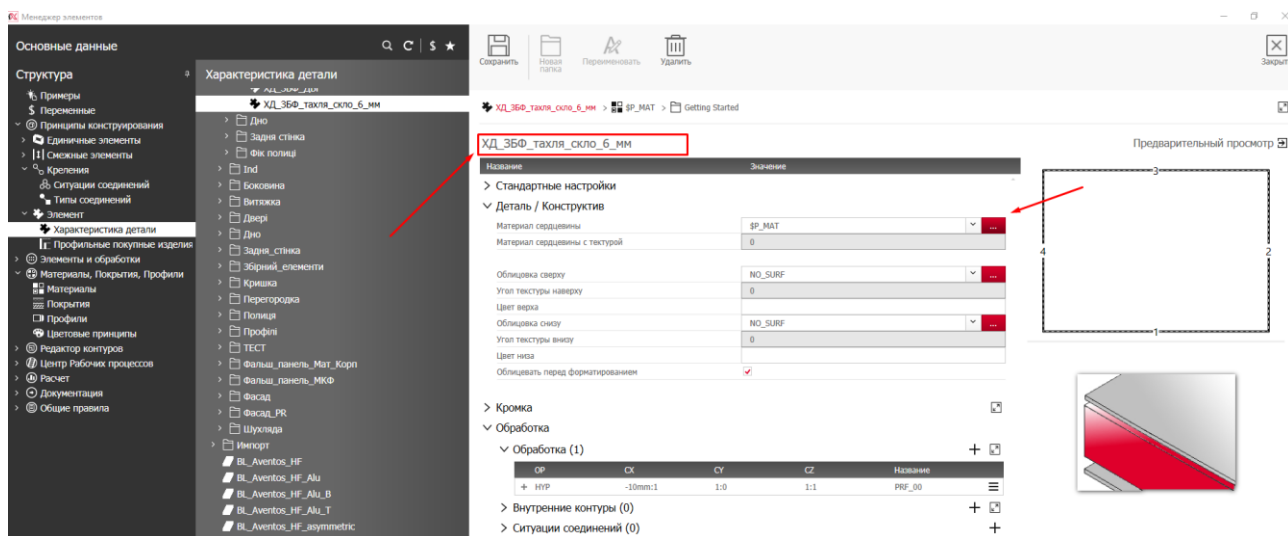


Рис. 47. Створення “характеристики деталі” для тахлі

Серед існуючих матеріалів обираємо скло 6 мм та натискаємо “Застосувати” (рис 48).

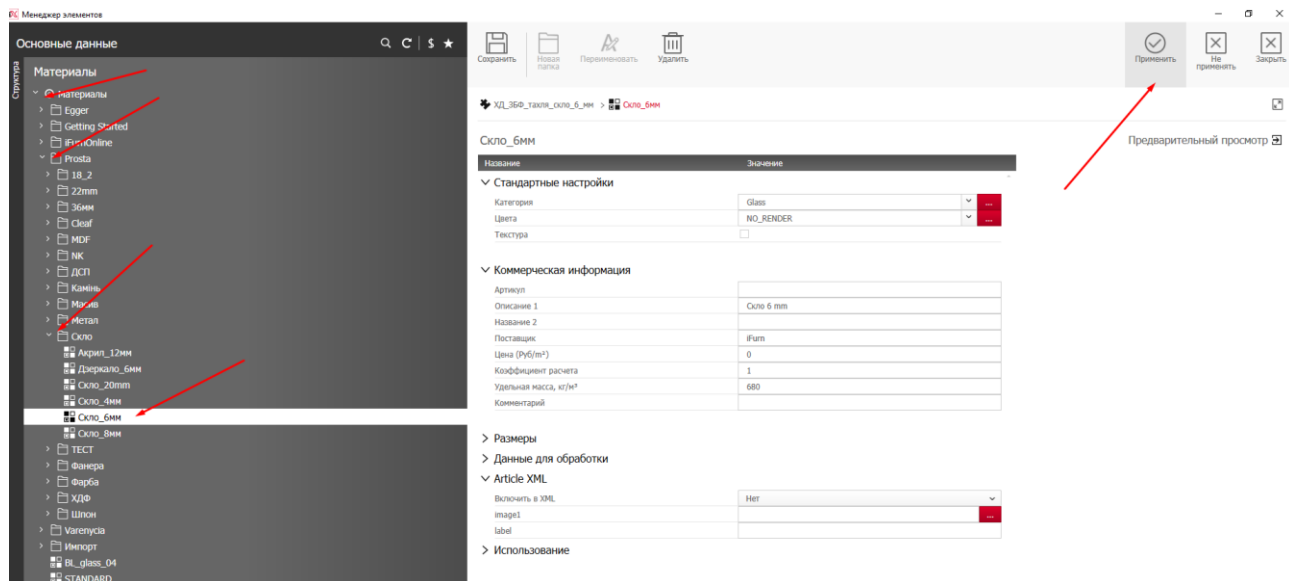


Рис. 47. Присвоєння матеріалу “характеристики деталі”

Забираємо всі обробки та ситуації з’єднання які прописували до деталі “ХД_ЗБФ_тахля_6мм” та зберігаємо (рис. 48).

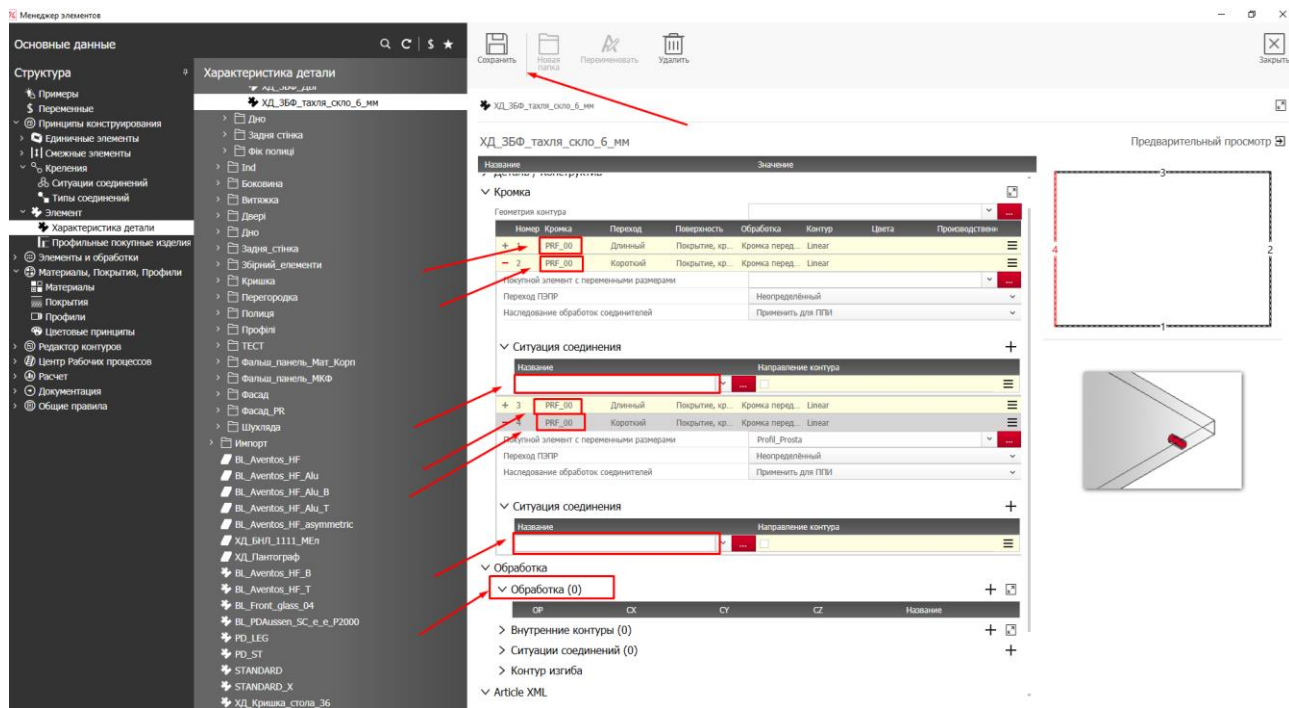


Рис. 48. Створення “характеристики деталі” для тахлі

Тепер є всі необхідні елементи для створення рамко-тахлевого фасаду. Вертикальні елементи рами “ХД_ЗБФ_ДВВ”, горизонтальні елементи рами “ХД_ЗБФ_ДВВ” і скляна тахля “ХД_ЗБФ_тахля_скло_6_мм”. По такому ж принципу створюються і різні додаткові елементи (рис. 49).

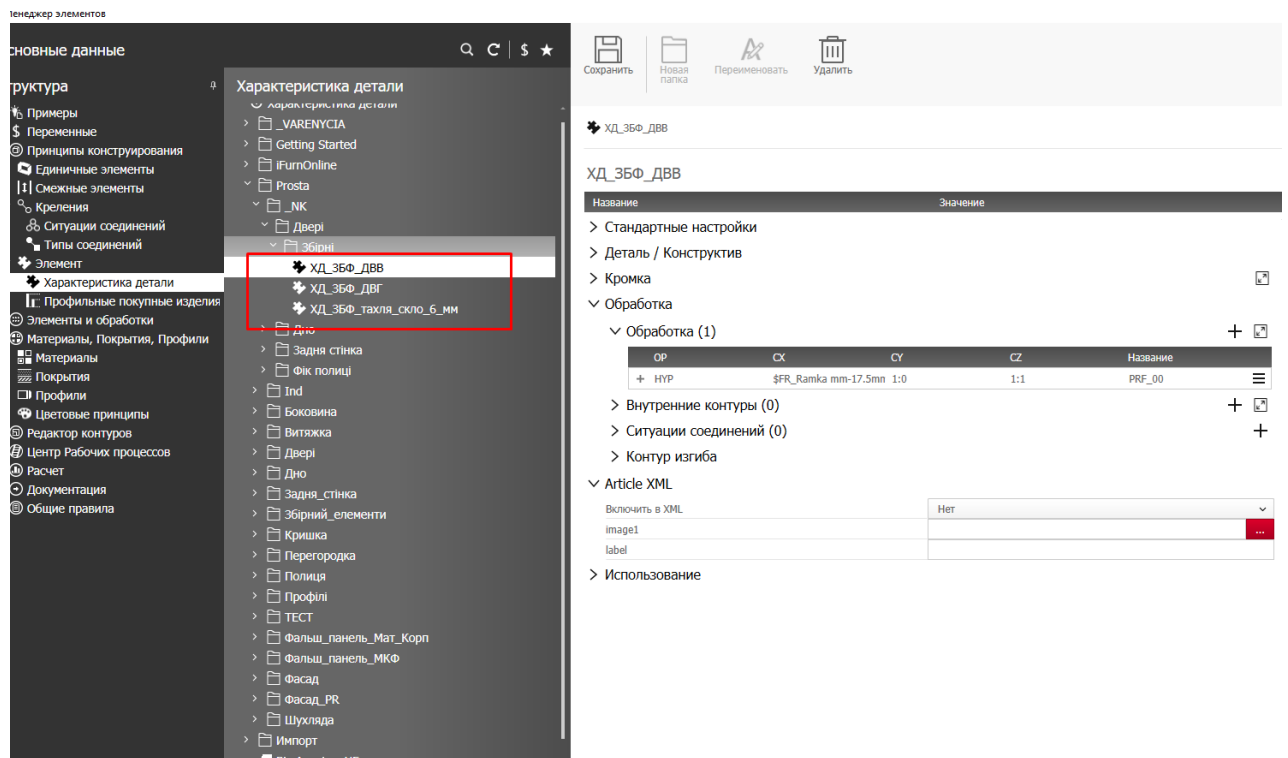


Рис. 49. Перелік “Характеристик деталей” які необхідні для створення рамкотахлевого фасаду

Переходимо до створення збірки так званої материнської деталі. На основі деталі “ХД_ЗБФ_тахля_скло_6_мм”, створюємо і зберігаємо деталь “ХД_ЗБФ”.

В стандартних налаштуваннях переходимо в тип елемента та змінюємо його на збірний (рис. 50).

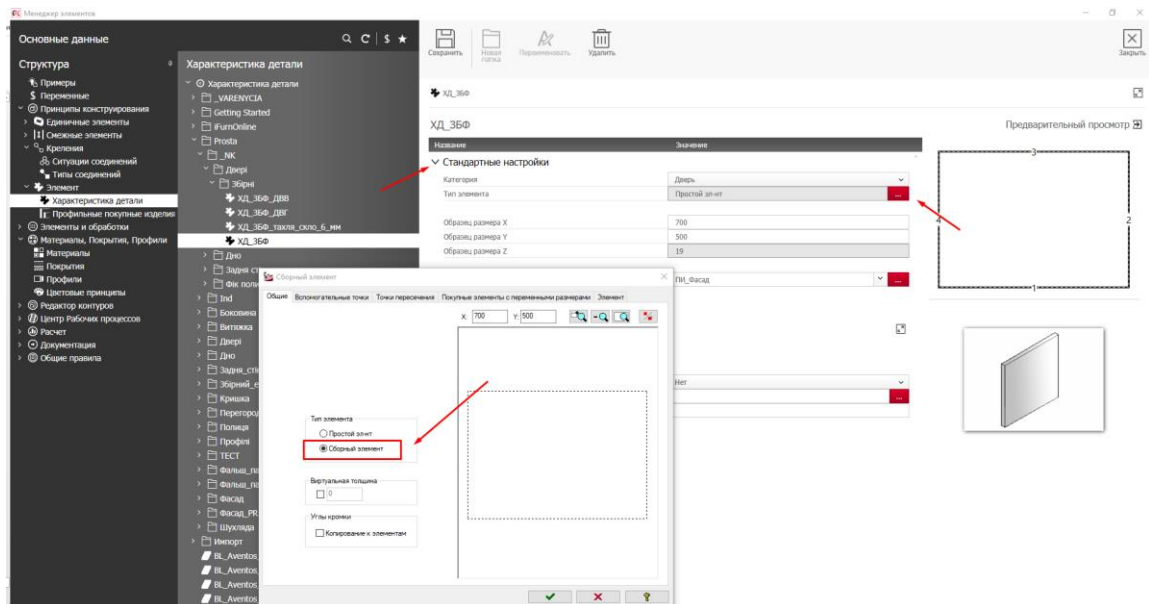


Рис. 50. Створення збірки “материнської деталі”

В відкритому вікні переходимо до вкладки “Допоміжні точки”. Де створюємо точки по яких будуть відбудовуватися деталі фасаду (рис. 51).

Необхідно спочатку вказати лінійне ділення.

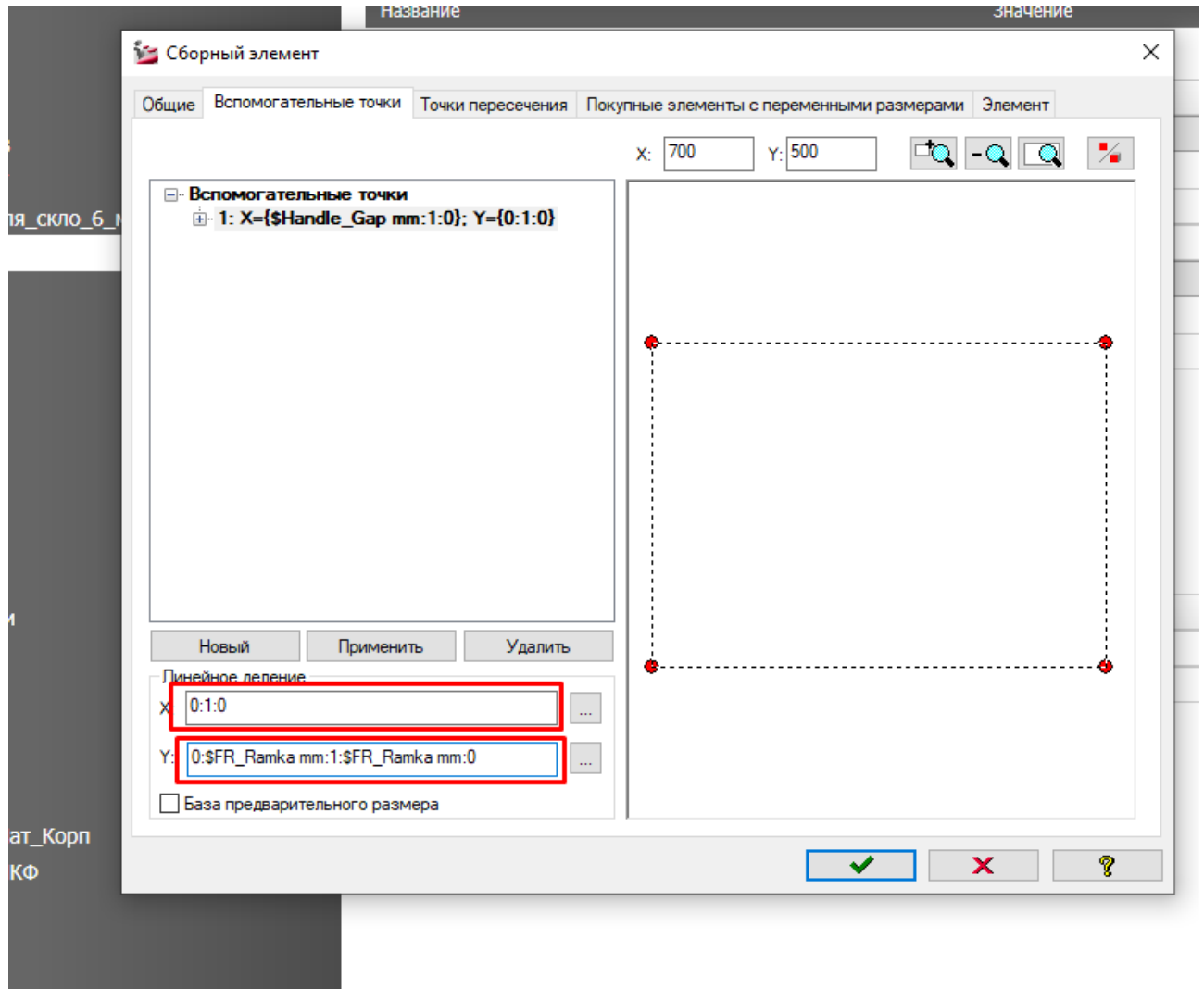


Рис. 51. Створення допоміжних точок

Створюємо нове. Лінійним діленням по осі X прописуємо, що точка 1 (точ.1) та точка 2 (точ.2) знаходяться на початку та кінці деталі (рис. 52).

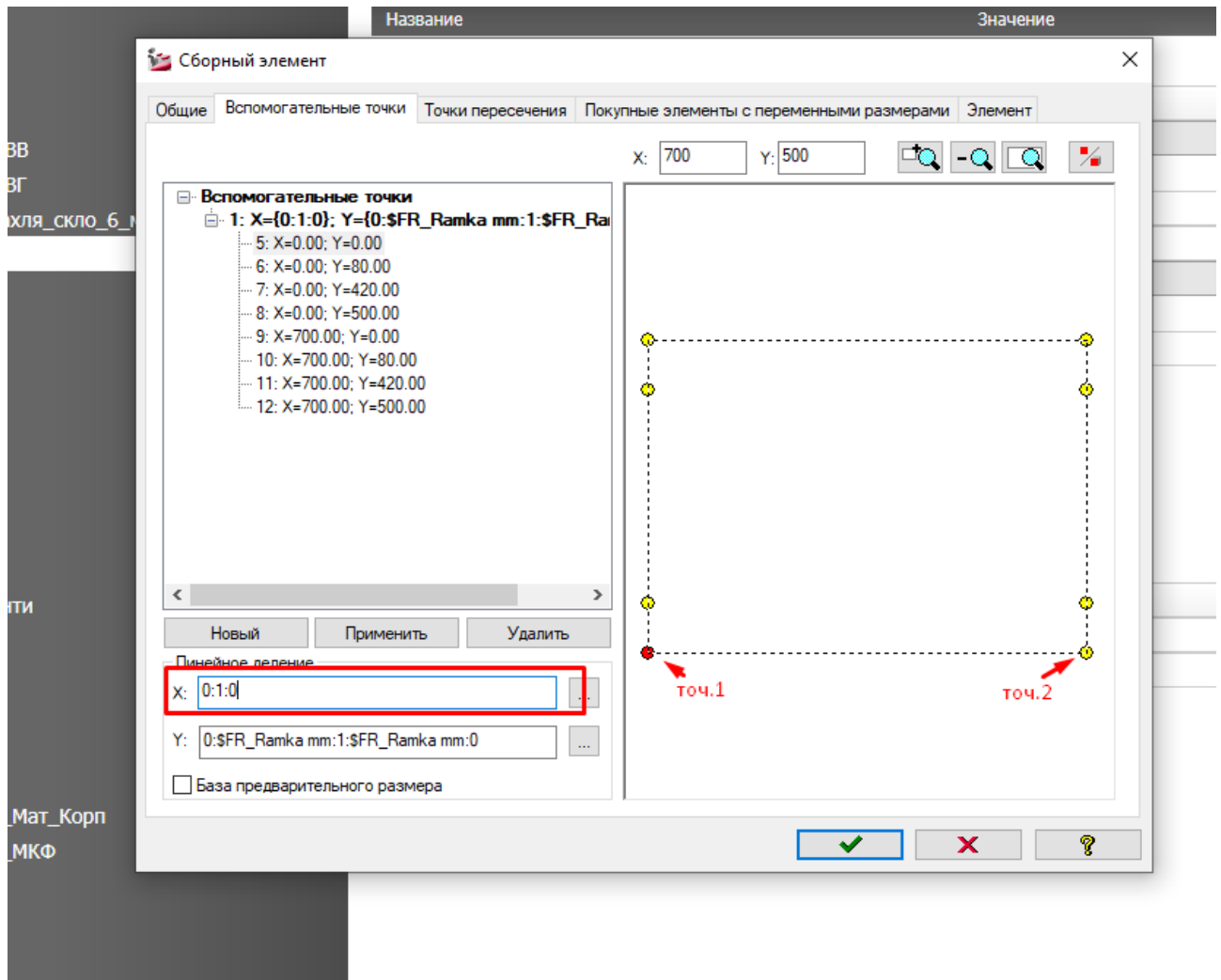


Рис. 52. Лінійне ділення допоміжних точок по осі X

Лінійним діленням по осі Y прописуємо таким чином, що між точкою 1 (точ.1) та точкою 2 (точ.2) і між точками 3 (точ.3) та точкою 4 (точ.4) знаходиться "\$FR_Ramka" в мм яка відповідає за ширину елемента рами. Між точками 2 (точ.2) та точкою 3 (точ.3) є довільна відстань яка змінюється від ширини фасаду (рис. 53).

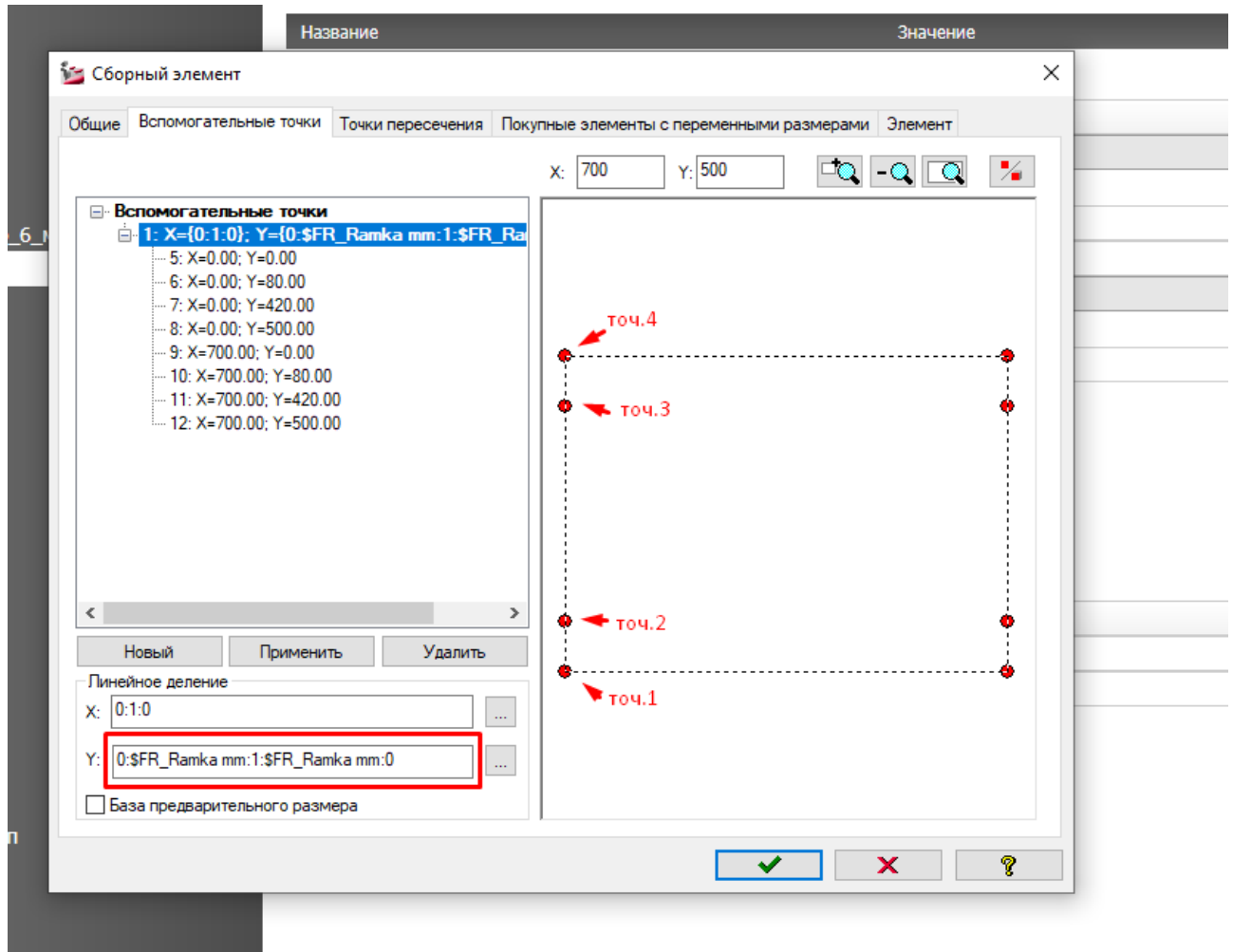


Рис. 53. Лінійне ділення допоміжних точок по осі Y

Створюємо нові додаткові точки по яких будемо відбудовувати внутрішні точки рамки. Змінюємо лінійне ділення по осі X та Y, натискаємо новий. В результаті отримуємо додаткові чотири точки (рис. 54).

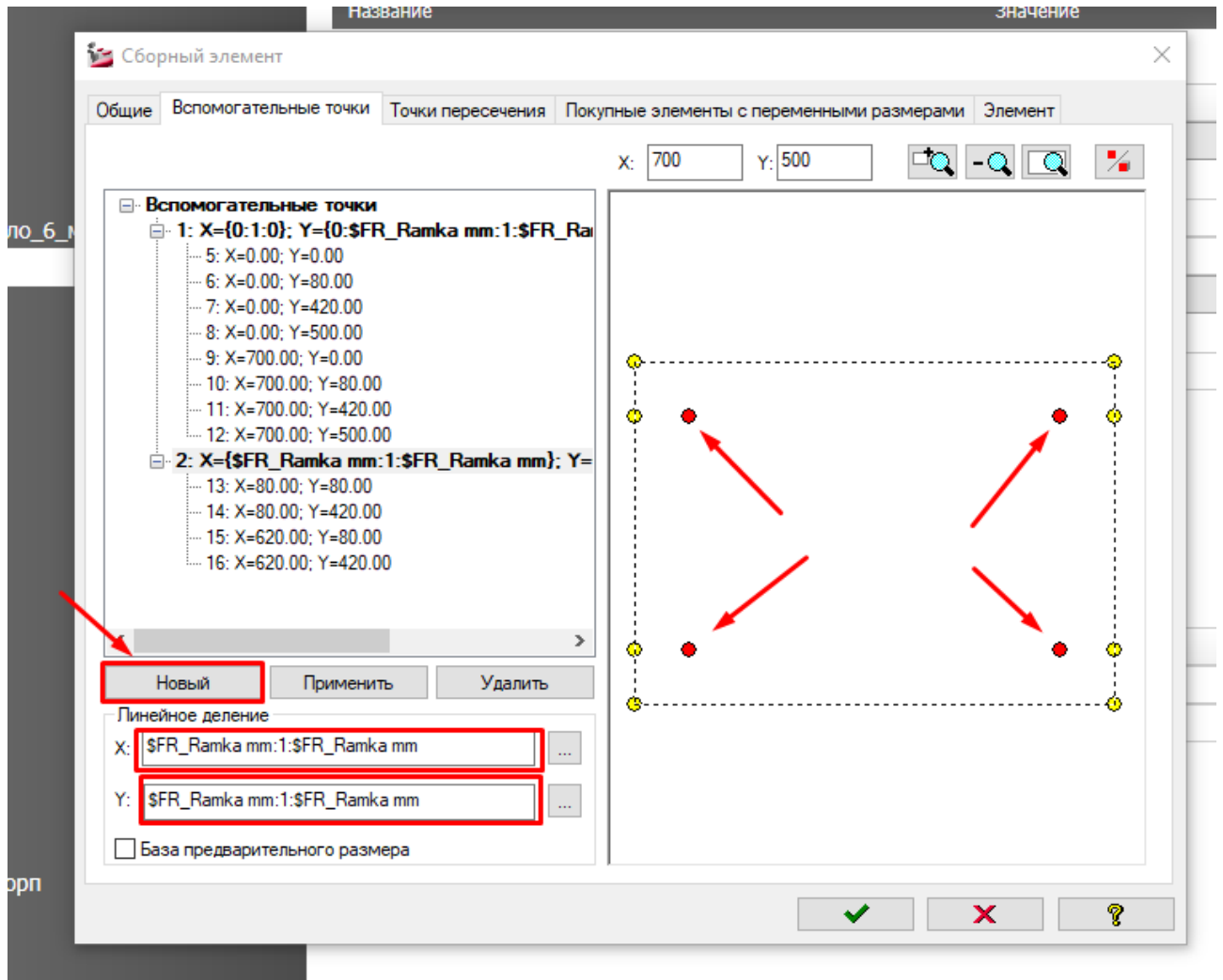


Рис. 54. Створення додаткових допоміжних точок

Створюємо додаткові точки для відбудови тахлі. Коригуємо лінійне ділення по осі X та Y, натискаємо новий. В результаті отримуємо ще додаткові чотири точки (рис. 55).

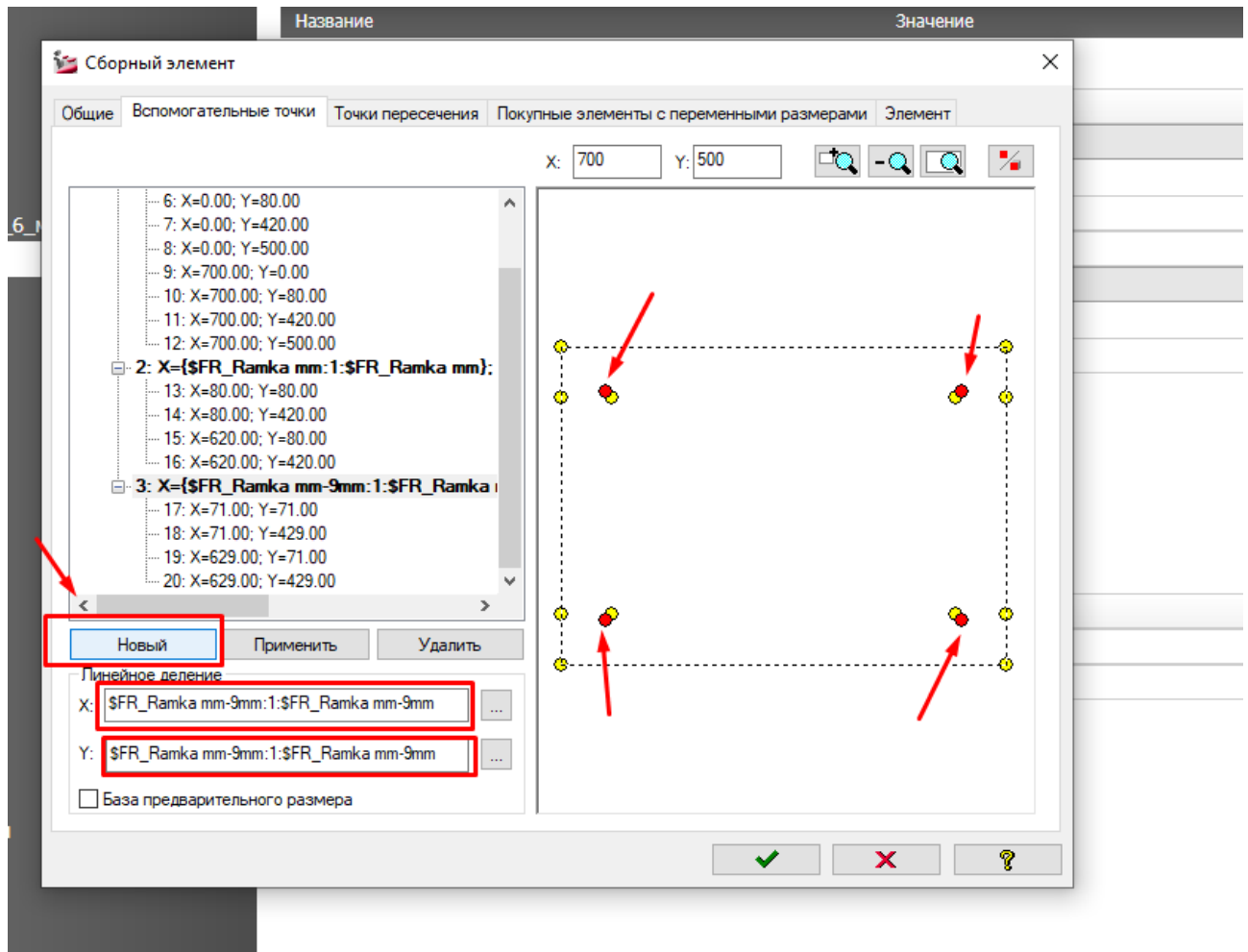


Рис. 55. Створення допоміжних точок для відбудови тахлі

Переходимо в наступну вкладку Елементи, де будемо відбудовувати деталі по допоміжних точках (рис. 56).

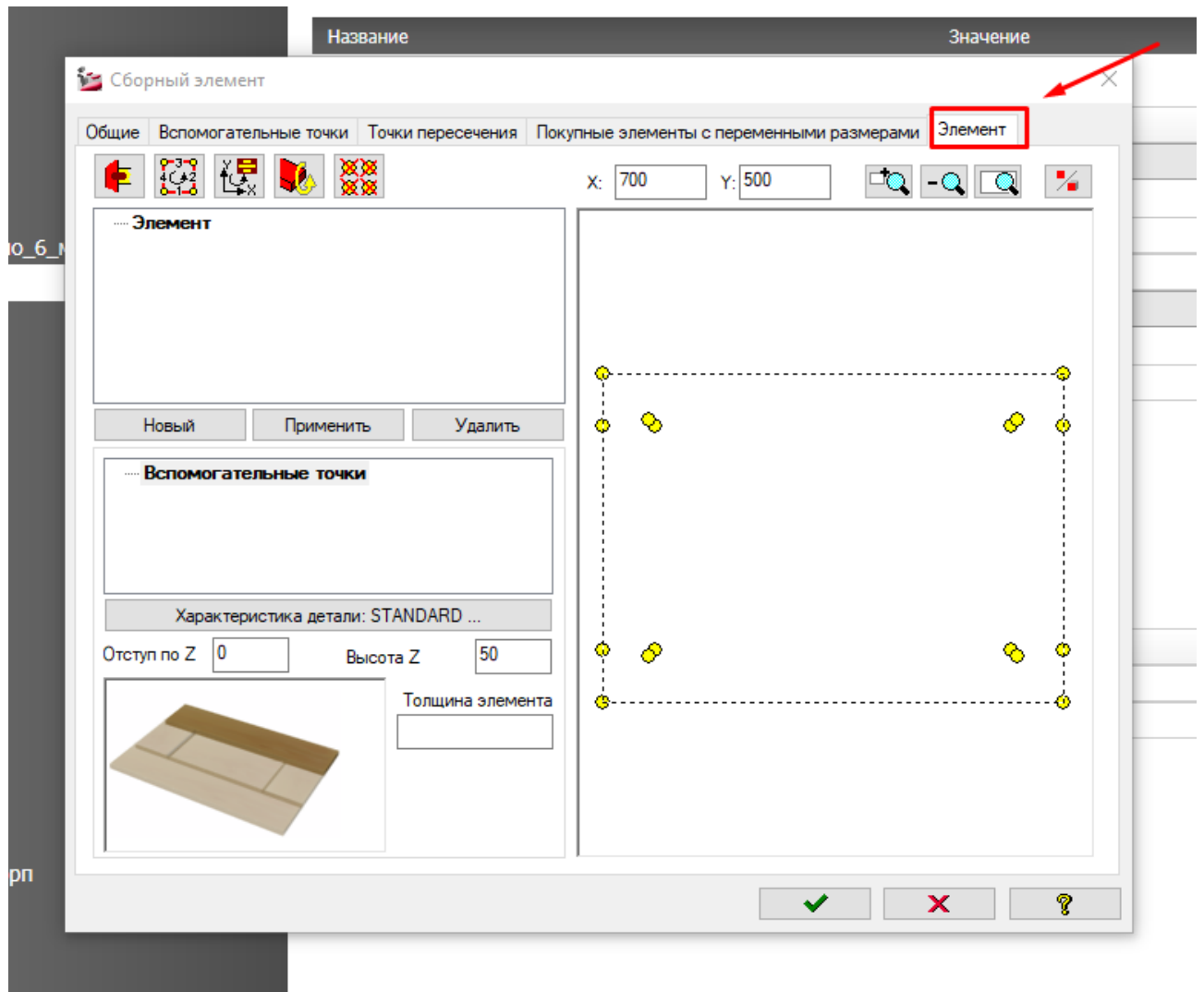


Рис. 56. Відкриття вкладки “Елементи”

Розпочинаємо відбудову з горизонтального елемента. Вибираємо контур деталі по допоміжних точках. Точки вибираємо проти годинникової стрілки. Натискаємо новий (рис. 57).

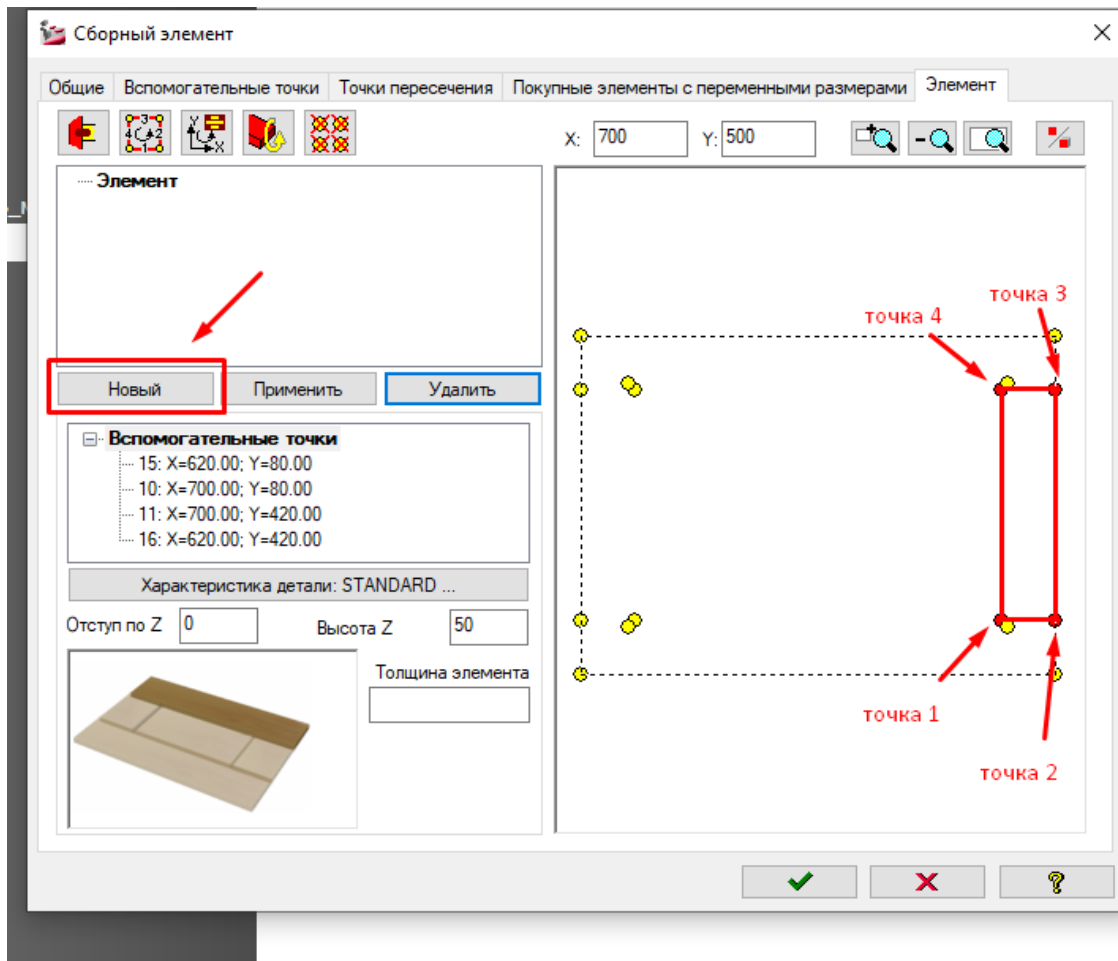


Рис. 57. Відбудова елемента фасаду по допоміжних точках

Присвоюємо створеному елементу характеристику деталі (рис. 58).

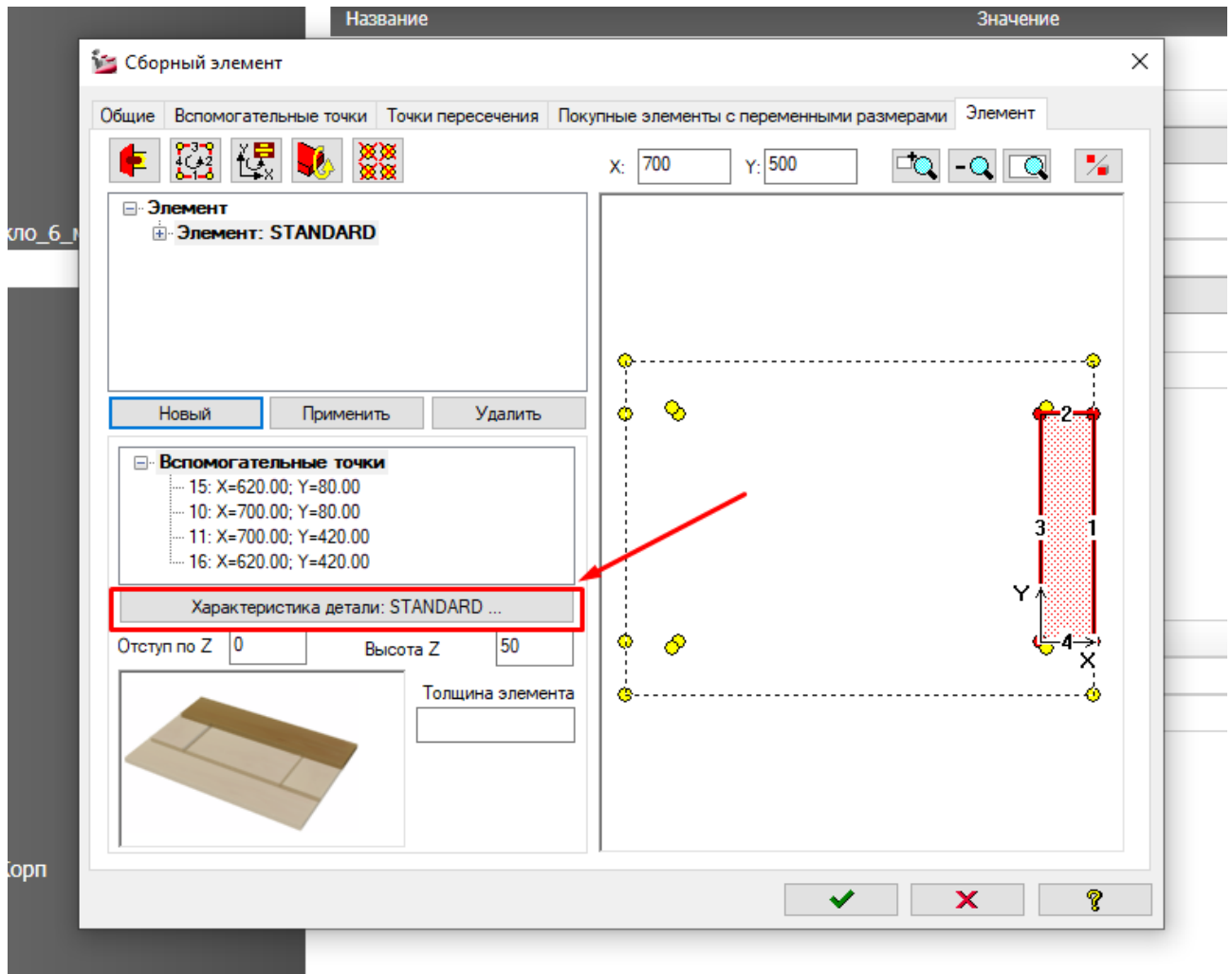


Рис. 58. Присвоення характеристики деталі створеному елементу

Вибираємо з переліку “ХД_ЗБФ_ДВГ” натискаємо застосувати (рис. 59).

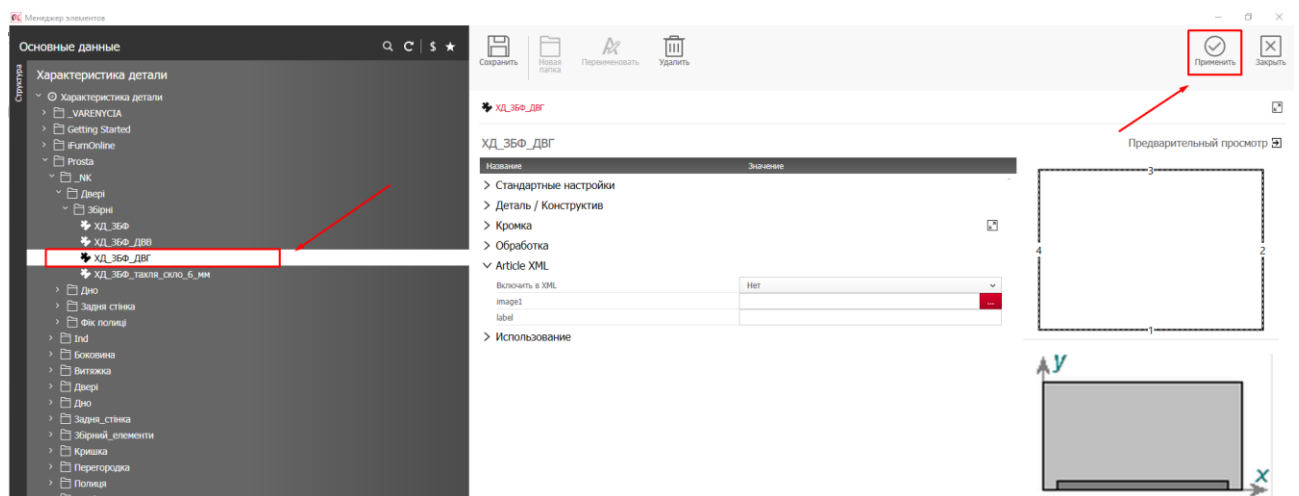


Рис. 59. Вибір характеристики деталі для створеного елемента

В створеній деталі нас не влаштовує розташування кромки (рис. 60).

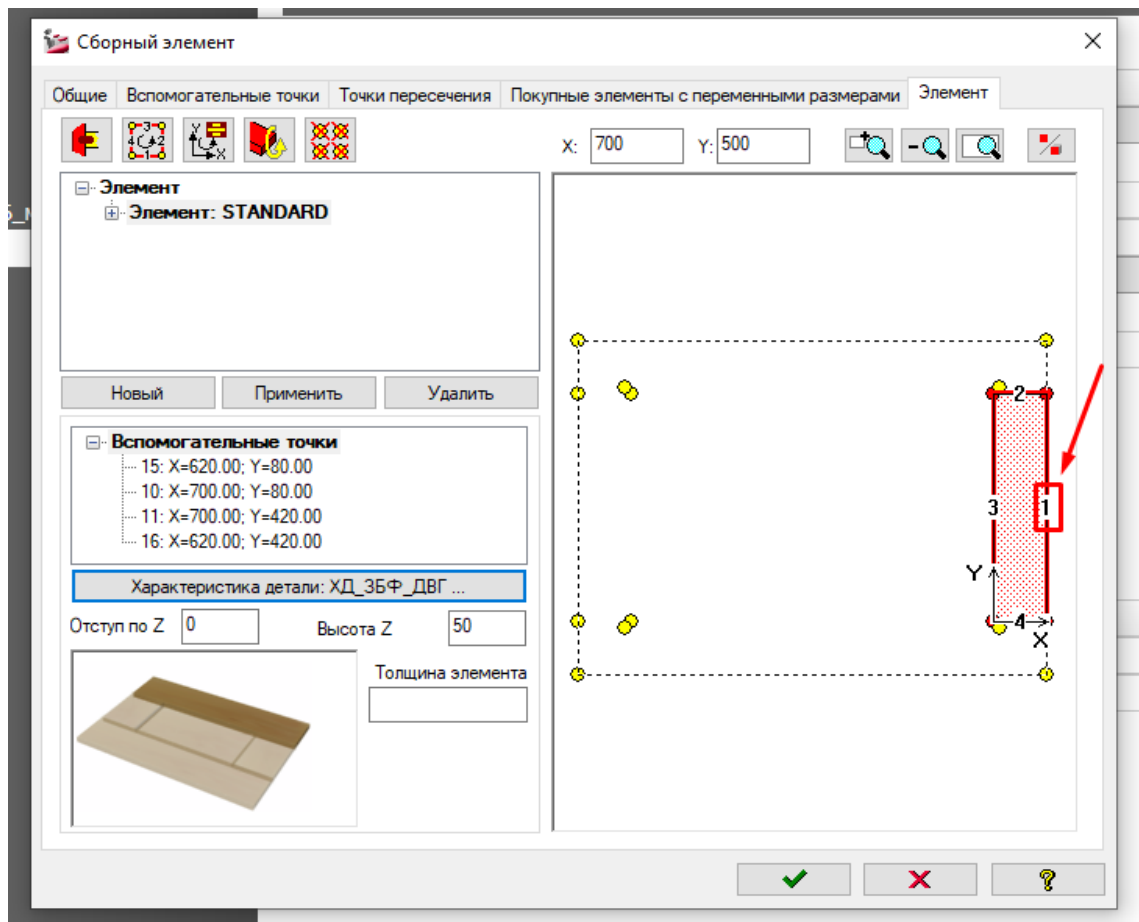


Рис. 60. Розташування крайок відносно фасаду

Оскільки попередньо в елементі “ХД_ЗБФ_ДВГ” ми прописали паз по крайці 1 (рис. 61).

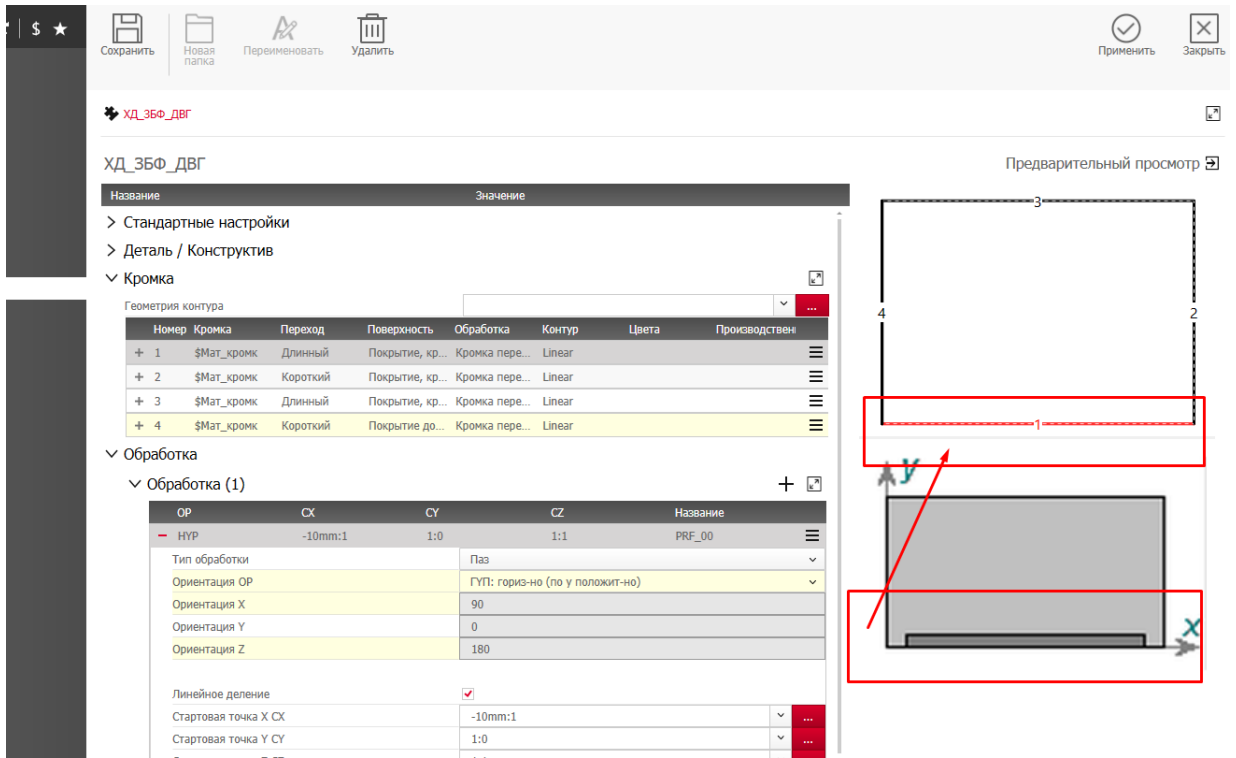


Рис. 61. Розташування обробки відносно елемента фасаду

Для того щоб перемістити крайку в потрібну нам сторону необхідно натиснути команду заміна крайки. Замінивши крайку місцями натискаємо застосувати (рис. 62).

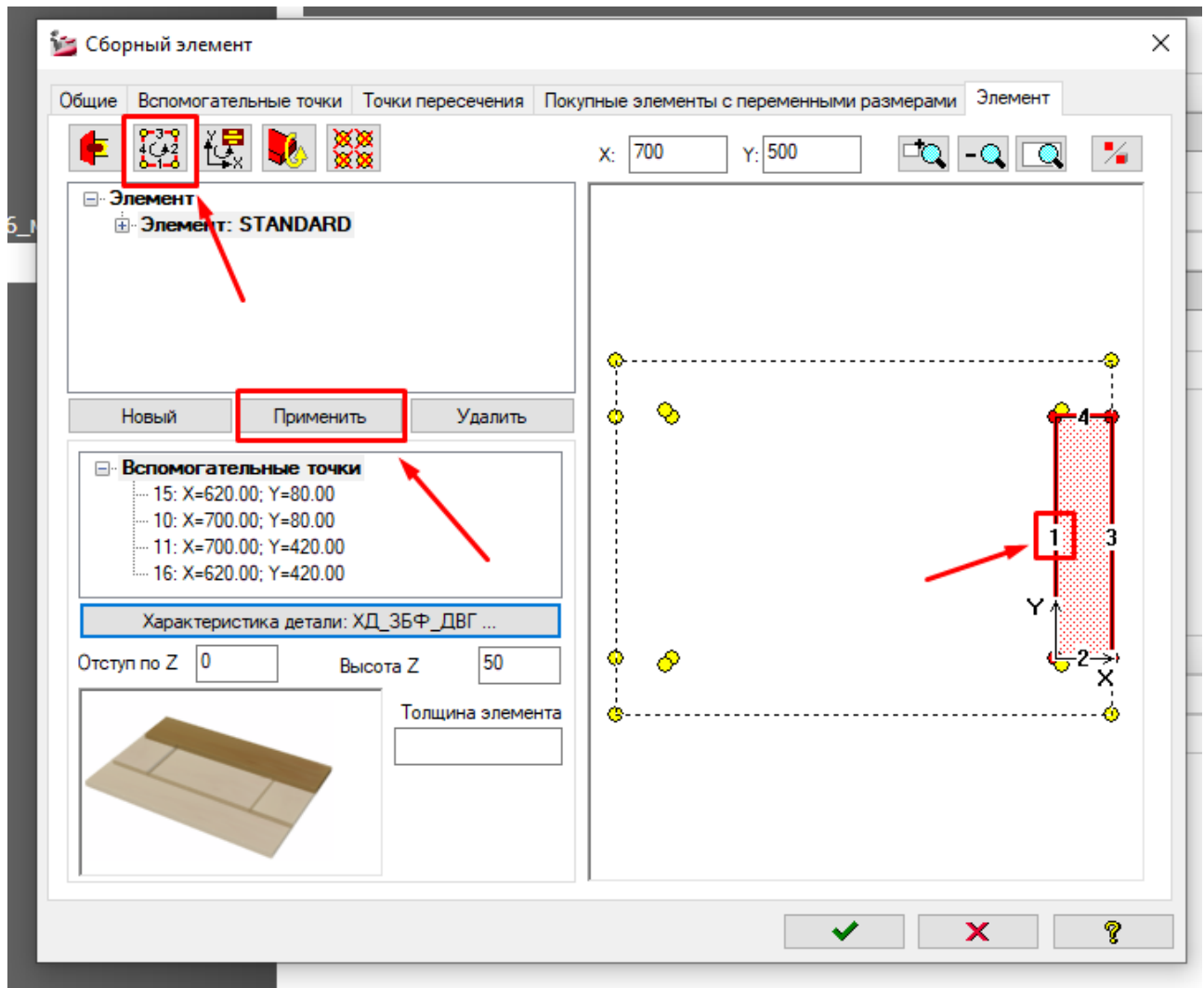


Рис. 62. Зміна розташування крайки відносно фасаду

Для створення наступного елемента нам необхідно скинути попередні точки (рис. 63).

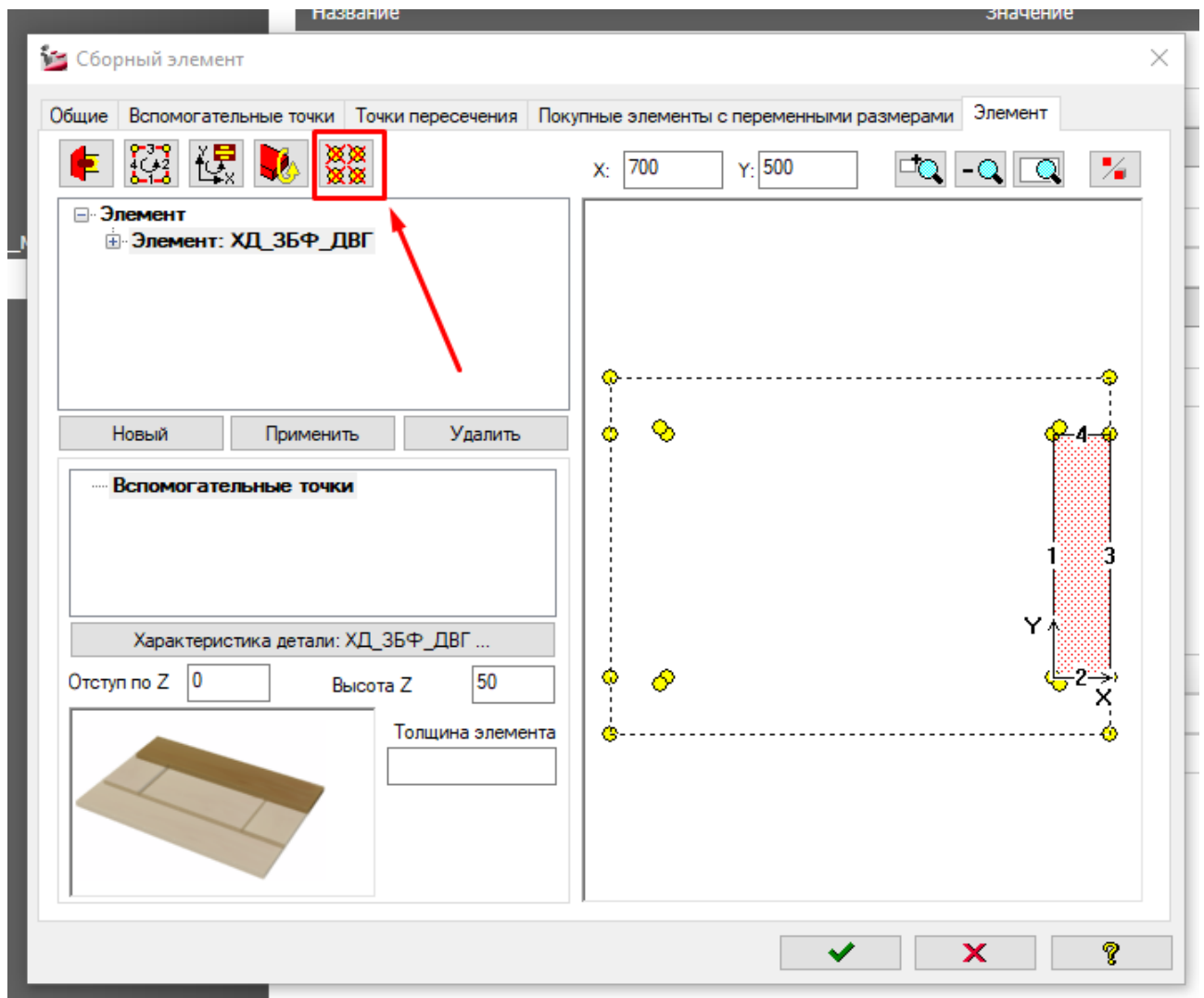


Рис. 63. Скидання допоміжних точок для подальшої відбудови нових елементів

Наступний елемент відбудовуємо за аналогом першого. Дотримуючись почерговості вибору точок проти годинникової стрілки вибираємо їх і натискаємо новий. Присвоюємо створеному елементу характеристику деталі. “ХД_ЗБФ_ДВВ”. Та при потребі переміщуємо кромку де прописаний паз в потрібне положення (рис. 64)

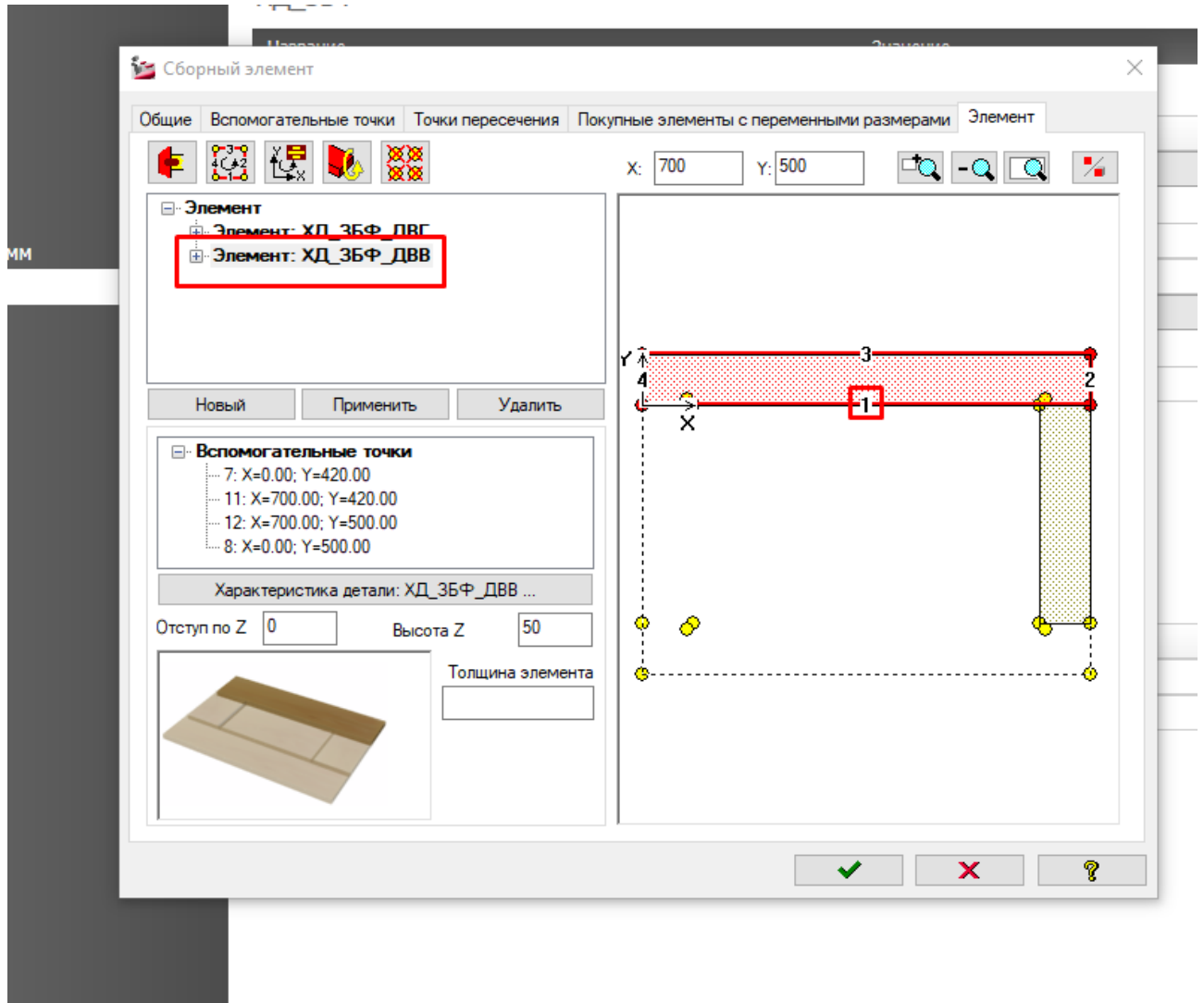


Рис. 64. Створення другого елемента рамко-тахлевого фасаду

Аналогічно третій та четвертий елемент (рис. 65) та (рис. 66).

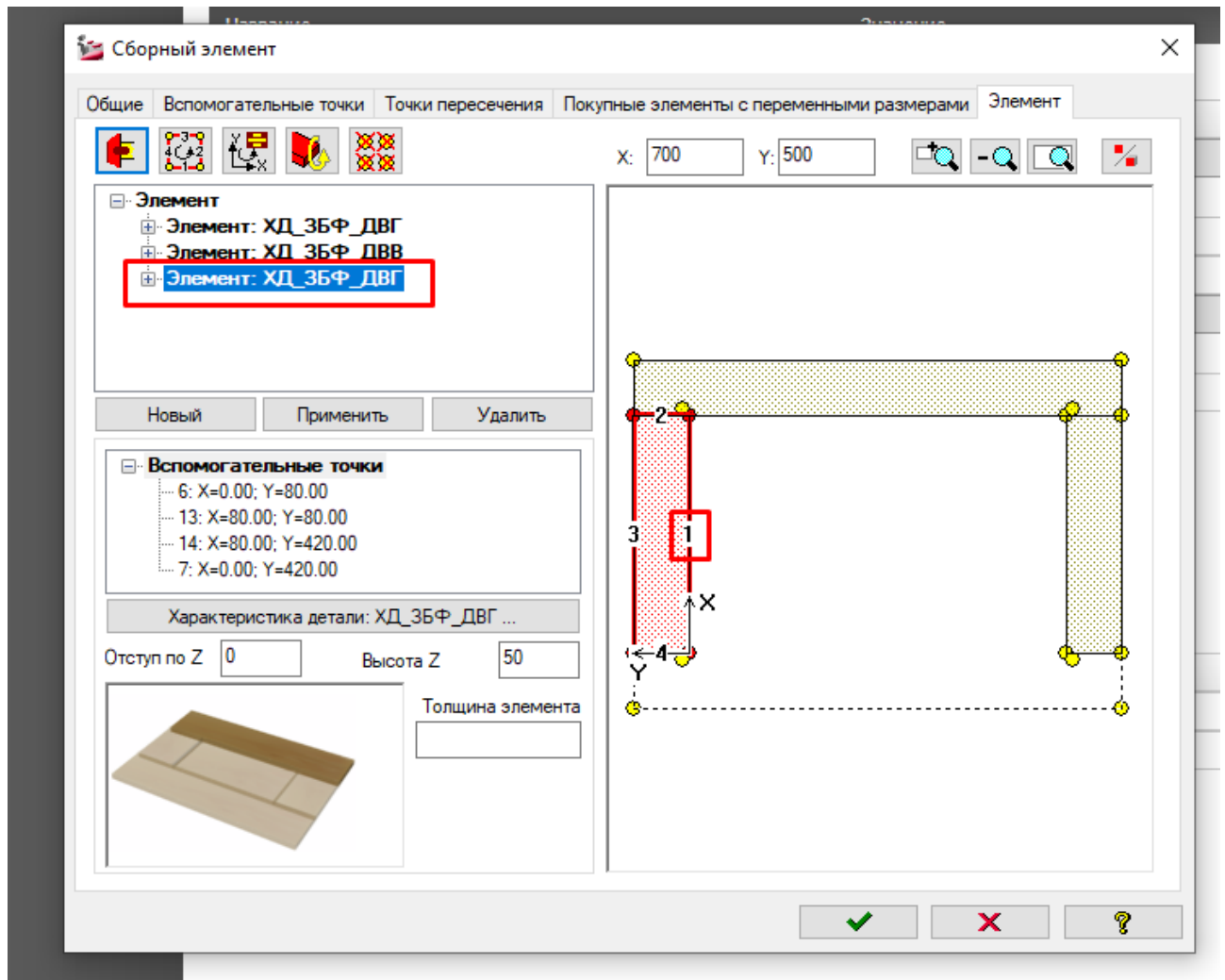


Рис. 65. Створення третього елемента рамко-тахлевого фасаду

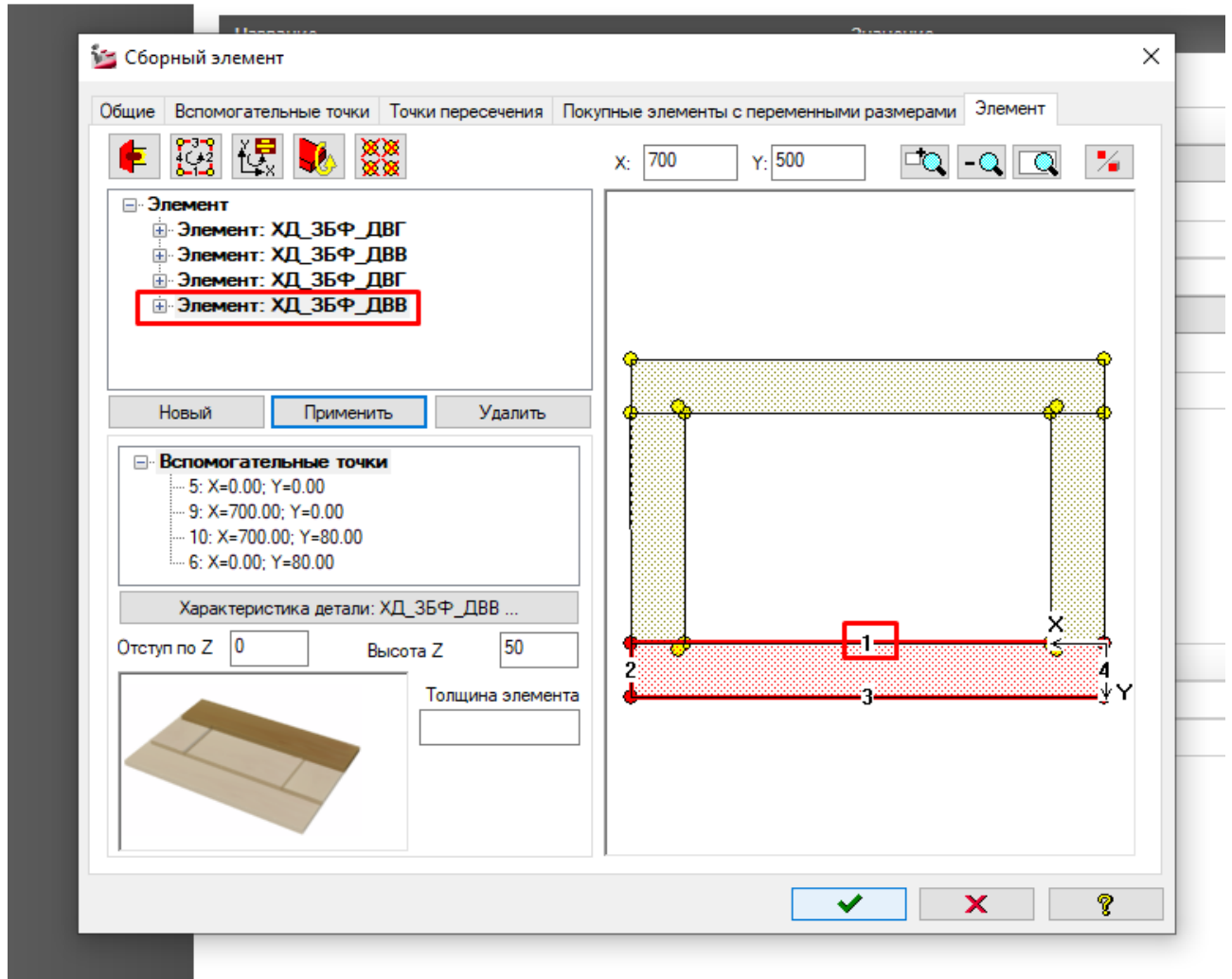


Рис. 66. Створення четвертого елемента рамко-тахлевого фасаду..

Після створення рами фасаду необхідно створити тахлю. Для створення тахлі вибираємо внутрішні додаткові точки (рис. 67).

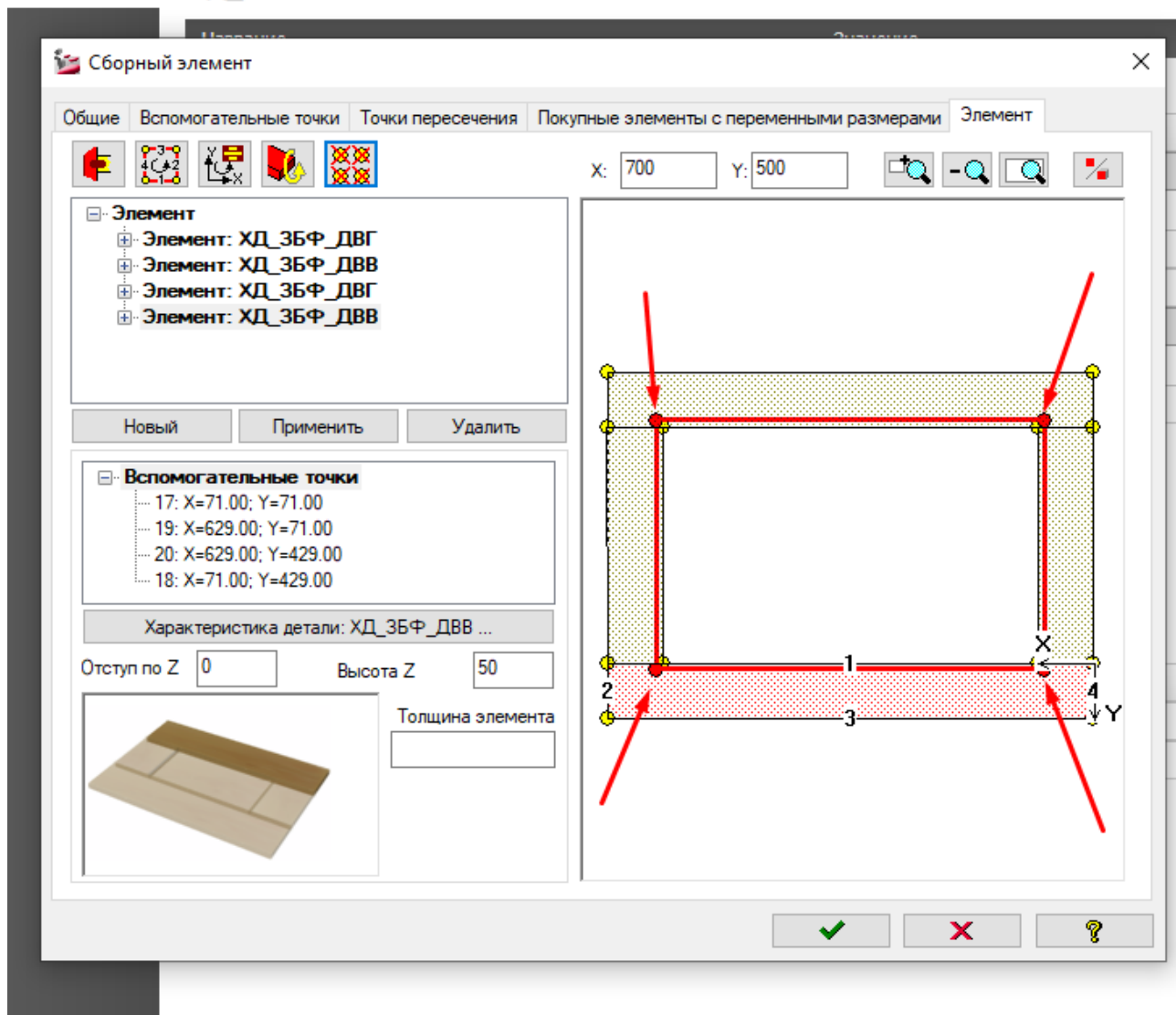


Рис. 66. Вибираємо допоміжні точки для відбудови тахлі

Створеній деталі змінюємо характеристику деталі і задаємо відступ в 7мм. по осі Z (рис. 67).

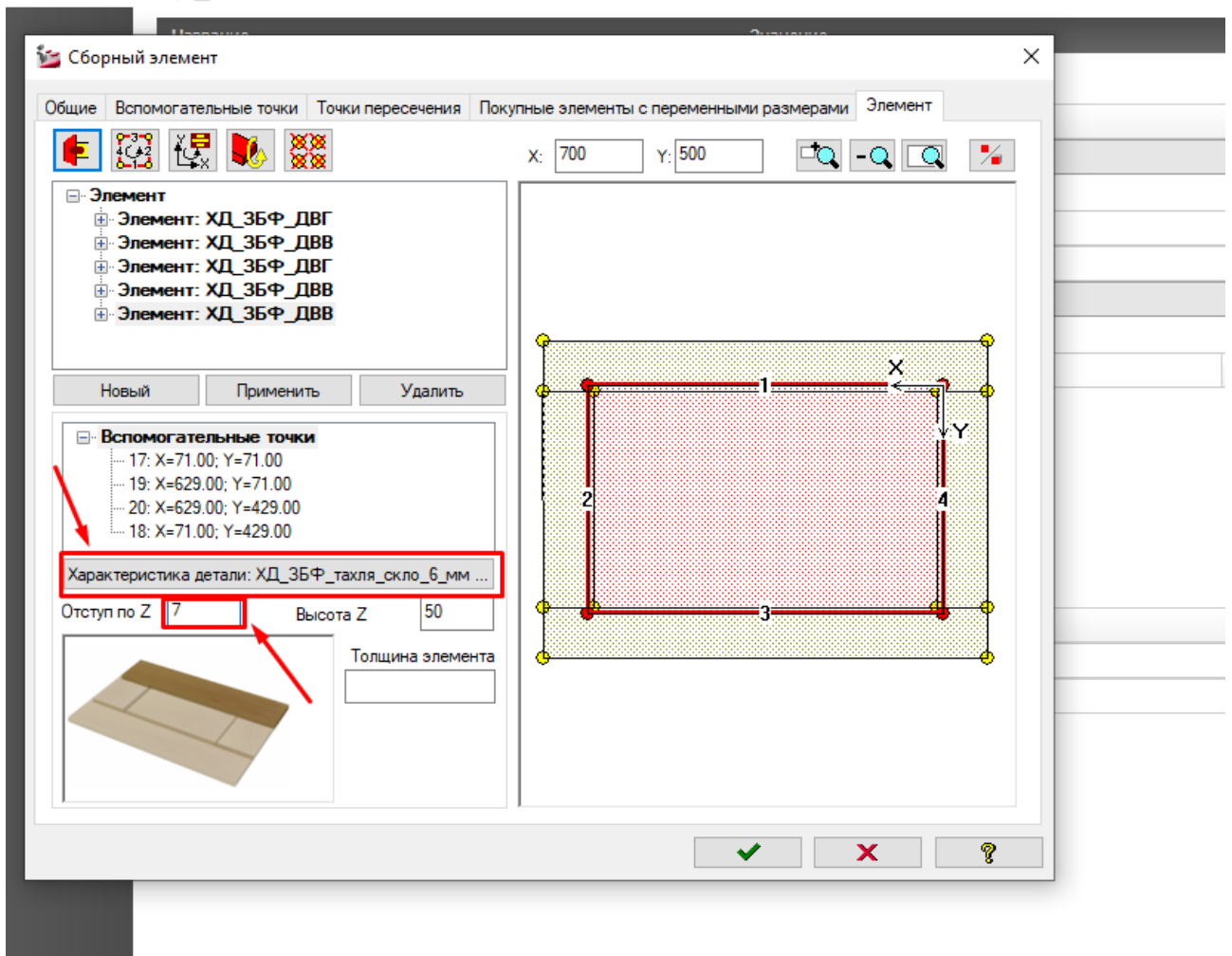


Рис. 67. Зміна характеристики деталі та зміщення відносно осі Z

Для перегляду створеного елемента можна скористатися функцією попереднього перегляду (рис. 68). Демонстрація виконаного фасаду (рис. 69).

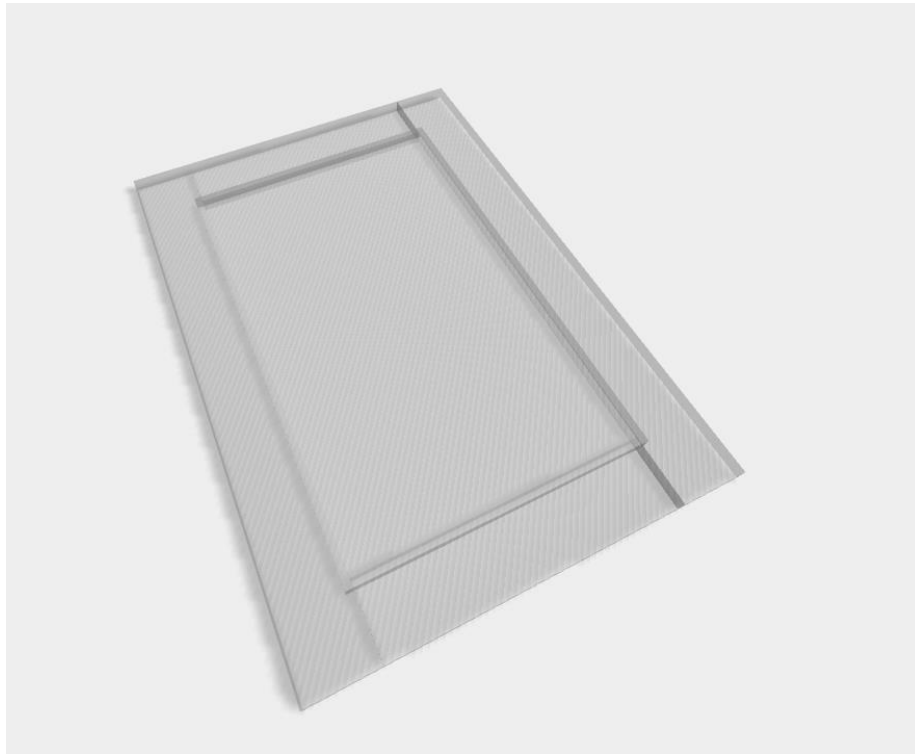


Рис. 69. Рамко-тахлевий фасад в програмному середовищі Imos iX

Для наглядного прикладу створюємо комод та встановлюємо на нього фасад який створили (рис. 70) та (рис. 71).

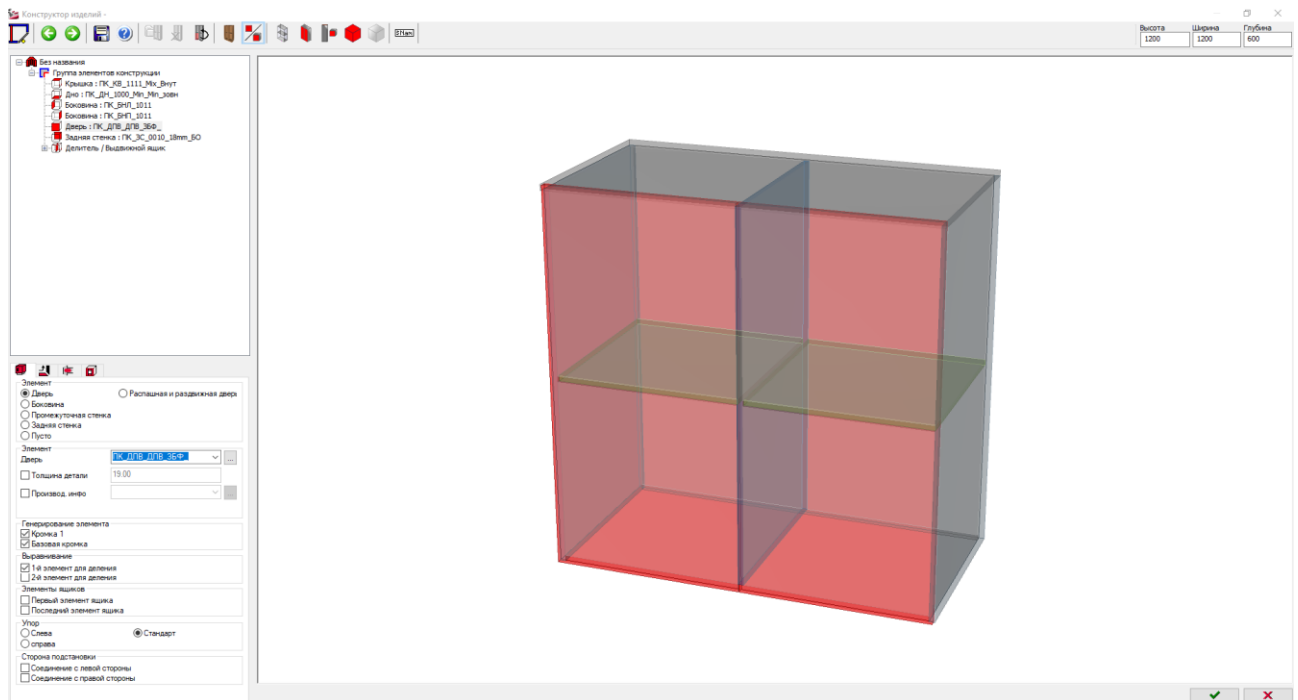


Рис. 70. Створення комоду з рамко-тахлевими фасадами а САПР Imos iX

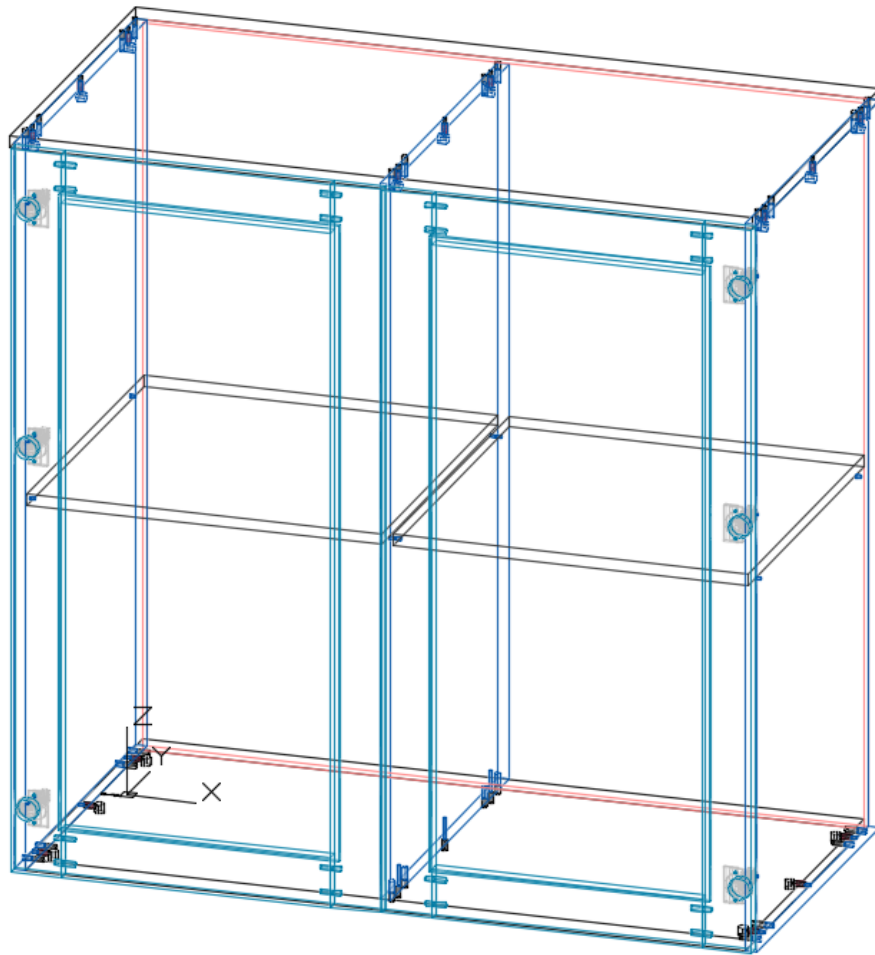


Рис. 71. Параметрична модель комода з рамко-тахлевими фасадами з ситуаціями з'єднання

Через змінну змінюємо ширину рамки (рис. 72).

Переменные изделия

Сохранить | Новая переменная | Новая группа | Удалить | Экспорт | Импорт | Применить | Закрыть

Имя	В записе	Тип	Стандартное значение	Набор з	Набор значений дл	Значение запис	Значение исходн	Категория	Комментарий
Фасад_тип_1ax	Нет	Ссылка		--	--				
X_FK_Ramka	Да	Число	80	--	--	80	100		
Getting_Started	Нет	Ссылка		--	--				Default Data Variables
Prsta	Нет	Ссылка		--	--				Korgus
МатКорп	Нет	Ссылка		--	--				
Мат_здор	Да	Материал	DP_Everest_White_W28_18mm	--	--	DP_Everest_White_W28_18mm			
Мат_хром	Да	Профиль	HX_Белый_наполюс_1mm_H4J101227	--	--	HX_Белый_наполюс_1mm_H4J101227			
P_MAT	Да	Материал	STANDARD	--	--	STANDARD			

Рис. 72. Зміна ширини рами фасадів в “Змінних вироба”

Параметрична модель комоду після зміни ширини рами (рис. 73).

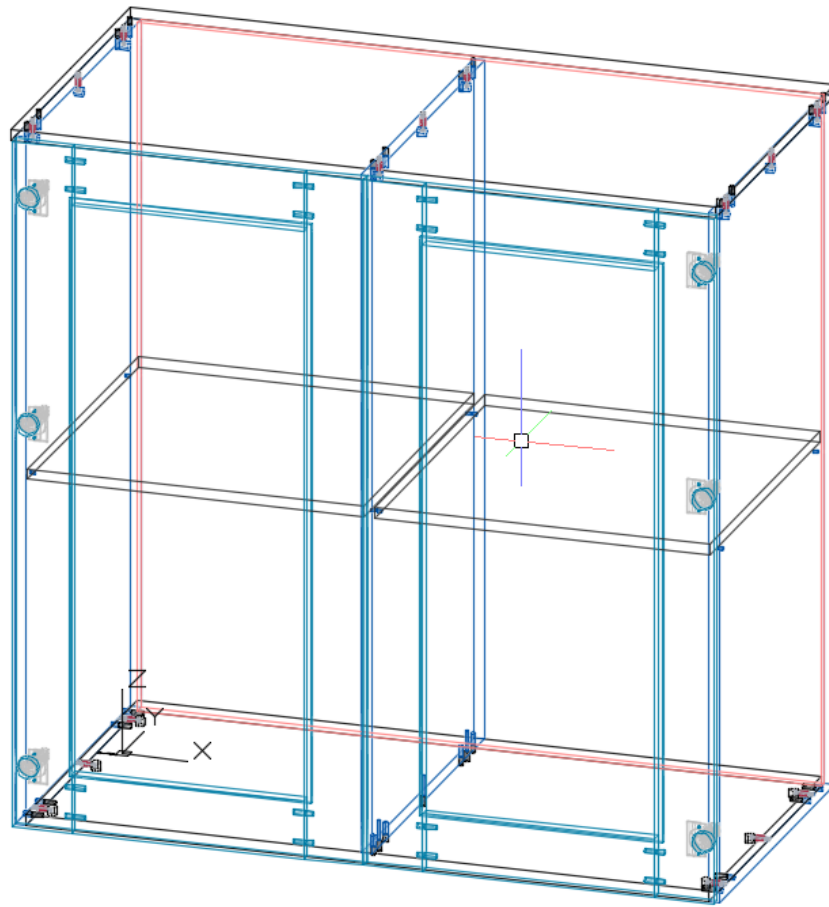


Рис. 73. Параметрична модель комоду після зміни ширини рами в рамко-
тахлевих фасадах

Для підсумку в даній частині було продемонстровано процес створення рамко-
тахлевого фасаду, змінних, характеристик деталей.

5.2. Генерування специфікацій, карт розкрою та керуючих програм для верстатів з ЧПК.

Після створення параметричної моделі рамково-тахлевого фасаду Imos iX
дозволяє автоматично сформувати повний комплект технологічної
документації, необхідної для виробництва. Завдяки інтегрованому модулю iX

САМ та менеджера проекту iX Organizer, система забезпечує передачу моделі у виробничий процес без ручного втручання.

Автоматичне створення списку деталей (Bill of Materials - BOM)

Після збереження проекту, Imos автоматично формує специфікацію всіх елементів

- Деталі
- країки
- вибірки і пази
- фурнітура і з'єднання.

Список деталей формується в iX Organizer, де кожен елемент має (рис. 74.):

- унікальний артикул
- позначення характеристики деталі
- матеріал
- розміри (довжина, ширина, товщина)
- масу
- обробки, отвори, пази
- інформацію про крайкування
- позиційний номер у виробі

Звіт для GibLab

Замовлення: **Shafa 2**
Seksia B3

Матеріал	Дов-на	Шири-на	К-сть	Те-кст	Кромка верх	Кромка низ	Кромка зліва	Кромка справа	Назва	Програма	Модуль	Комент-ар	НС-СНЕСК
	656	30	8						труба овальна	Shafa 2 1033	001_Shafa_2pr_1		412-11424
	656	30	9						труба овальна	Shafa 2 1123	011_Shafa_2lv_1		412-11424
KSpan_0101	1980	560	8	0		0.8 мм(KPS0101_PE)	0.8 мм(KPS0101_PE)	0.8 мм(KPS0101_PE)	Бік правий	Shafa 2 1001	001_Shafa_2pr_1		2356-18521
KSpan_0101	1980	580	8	0	0.8 мм(KPS0101_PE)	0.8 мм(KPS0101_PE)	0.8 мм(KPS0101_PE)	0.8 мм(KPS0101_PE)	Бік лівий	Shafa 2 1002	001_Shafa_2pr_1		2569-32276
KSpan_0101	1330	560	8	0		0.8 мм(KPS0101_PE)			Дно	Shafa 2 1003	001_Shafa_2pr_1		2839-10938
KSpan_0101	1330	560	8	0		0.8 мм(KPS0101_PE)			Кришка	Shafa 2 1004	001_Shafa_2pr_1		1608-2350
KSpan_0101	1944	559	8	0		0.8 мм(KPS0101_PE)			Перегородка	Shafa 2 1005	001_Shafa_2pr_1		2599-18574
KSpan_0101	1980	578	8	0	0.8 мм(KPS0101_PE)	0.8 мм(KPS0101_PE)	0.8 мм(KPS0101_PE)	0.8 мм(KPS0101_PE)	Шafa 2 1007	Shafa 2 1007	001_Shafa_2pr_1		1104 2670

Рис. 74 Списки деталей згенерованих в САПР Imos iX з допомогою iX Organizer

Завдяки параметричності моделі, будь-які зміни ширини рамки, типу тахлі або розміру фасаду автоматично оновлюють специфікації без потреби ручного редагування.

Створення карт розкрою

На основі списку деталей Imos генерує карти розкрою для щитових матеріалів і масиву. У модулі розкрою (якщо активований CutRite або внутрішній оптимізатор) програма:

- автоматично групує деталі за матеріалом і товщиною
- оптимізує розміщення на заготовках для мінімізації відходів
- показує напрям волокон для масивної деревини
- враховує кромки й припуски

Результатом є:

- графічна карта розкрою
- список розкрою
- файли для друку етикеток (з QR-кодами або штрихкодами)

Такі карти істотно спрощують підготовку матеріалу для рамково-тахлевих фасадів.

Автоматична генерація файлів обробки для обладнання з ЧПК (iX CAM)

Однією з ключових переваг Imos є пряме створення CNC-коду на основі моделі, включно з усіма вибірками пазів, присадками отворів, торцевими обробками та фрезеруванням профілю.

Система дозволяє:

- автоматично інтерпретувати пази, отвори, крайки та з'єднання
- враховувати тип деталі (вертикальна, горизонтальна, тахля)
- використовувати параметричні змінні для позиціонування операцій

- генерувати програми у форматах:
 - WoodWOP (.mpr) використовуються для обладнання Homag
 - BiesseWorks/CIX (.cix) використовуються для обладнання Biesse
 - HolzHer програми застосовуються для верстатів HolzHer
 - FANUC/ISO G-code цей формат використовується для універсальних верстатів з ЧПК, які працюють на контроллерах FANUC або підтримують стандарт G-code (ISO).
 - інші постпроцесори встановлюються модульно

У модулі iX CAM доступні:

- віртуальна симуляція обробки
- перевірка зіткнень
- автоматична оптимізація порядку операцій
- підбір інструментів за типом обробки

Після генерації програми можуть бути:

- відправлені на ЧПК через мережу
- прив'язані до етикеток
- додані у виробниче завдання в iX Organizer

Коли фасад повністю налаштований, його можна інтегрувати у будь-який корпусний фасад виріб (шафа, комод, кухня). Після цього запускається:

- генерація загального списку деталей виробу
- збірка карт розкрою
- формування маршрутних карт
- синхронізація із CAM
- друк маркування та передача на ділянки виробництва

Оскільки Imos підтримує прямий зв'язок із верстатами, модель фасаду з усіма пазами й з'єднаннями передається у виробництво без втрати даних та помилок оператора.

5.3. Підсумкова реалізація проєкту та практичне впровадження

Завершальним етапом дослідження стало практичне впровадження розробленого проєктного рішення у виробничий процес. Після виконання моделювання та технологічної підготовки в програмному середовищі Imos iX сформовано повний комплект необхідних даних для виготовлення виробу: конструктивну модель, специфікації деталей, карти розкрою, відомості присадки та керуючі програми для верстатів з числовим програмним керуванням.

Система Imos iX забезпечила чітку послідовність передачі проєктної інформації від цифрової моделі до реального виробництва, що дозволило мінімізувати ймовірність технологічних помилок та підвищити точність виконання. Завдяки параметричному підходу та автоматизації технологічних процесів проєкт був коректно перенесений у виробниче середовище без додаткових коригувань.

Таким чином, практичне впровадження проєкту продемонструвало доцільність та результативність застосування сучасних CAD/CAM-технологій у виробництві меблів. Отримані результати підтверджують, що використання системи Imos iX дозволяє істотно підвищити ефективність проєктування, точність виготовлення та загальну якість кінцевої продукції. Цей етап логічно завершує проведене дослідження та підкреслює його прикладну цінність для меблевого виробництва.

На завершення наведений приклад реалізації рамко-тахлевих фасадів в Imos iX і змонтованих виробів на об'єкті (рис. 75), (рис. 76), (рис. 77) та (рис 78).

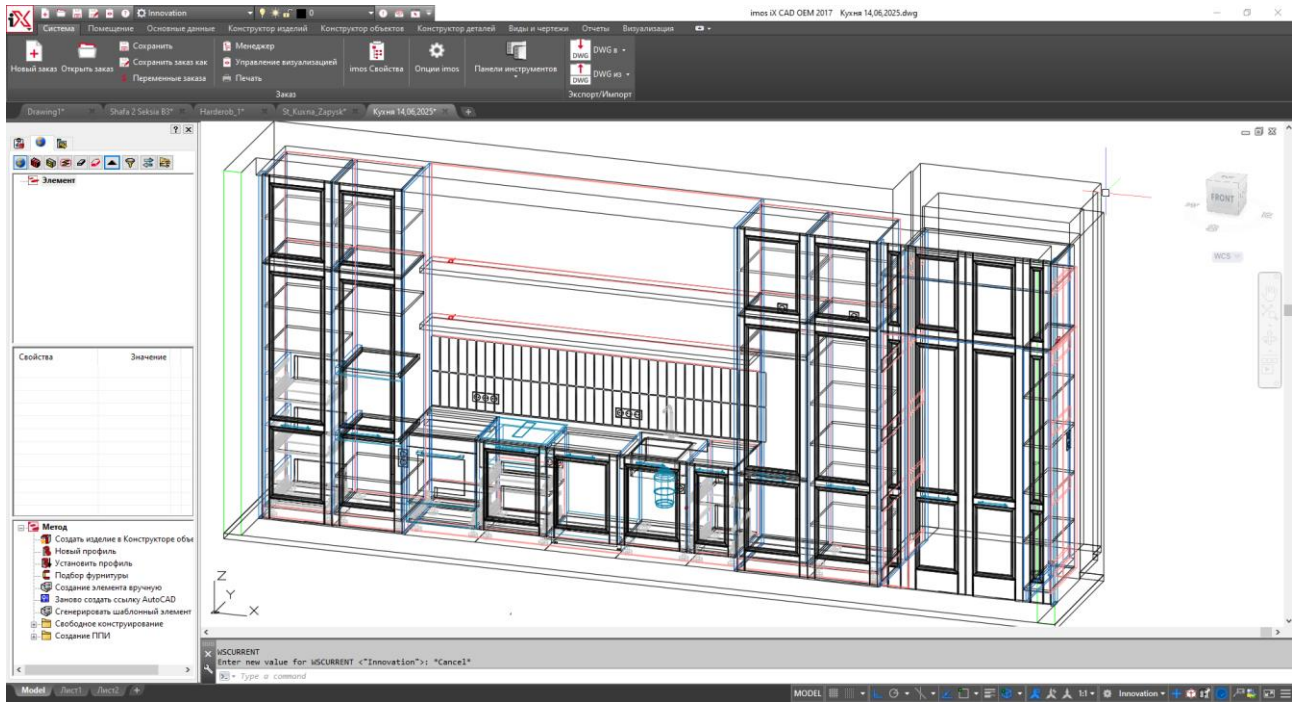


Рис. 75. Підготовленого проекту в САПР Imos iX



Рис. 76. Реалізований виріб на об'єкті

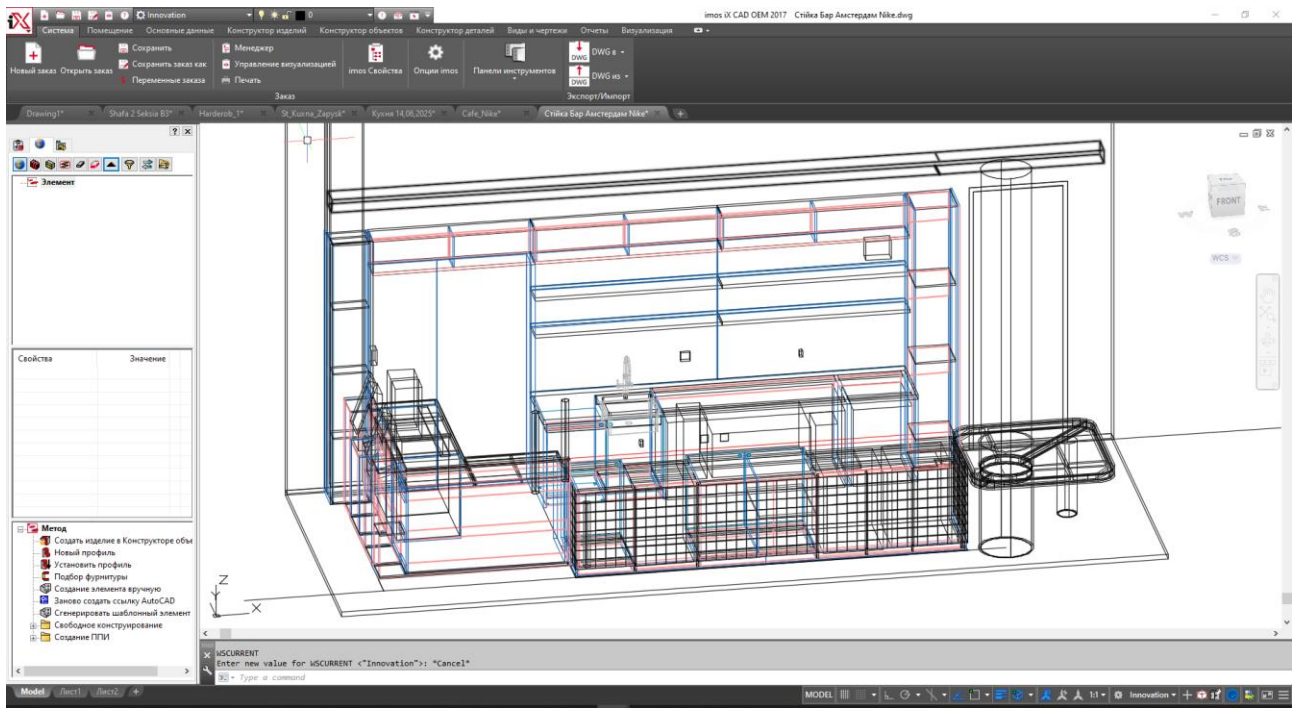


Рис. 77. Підготовленого проєкту в САПР Imos iX

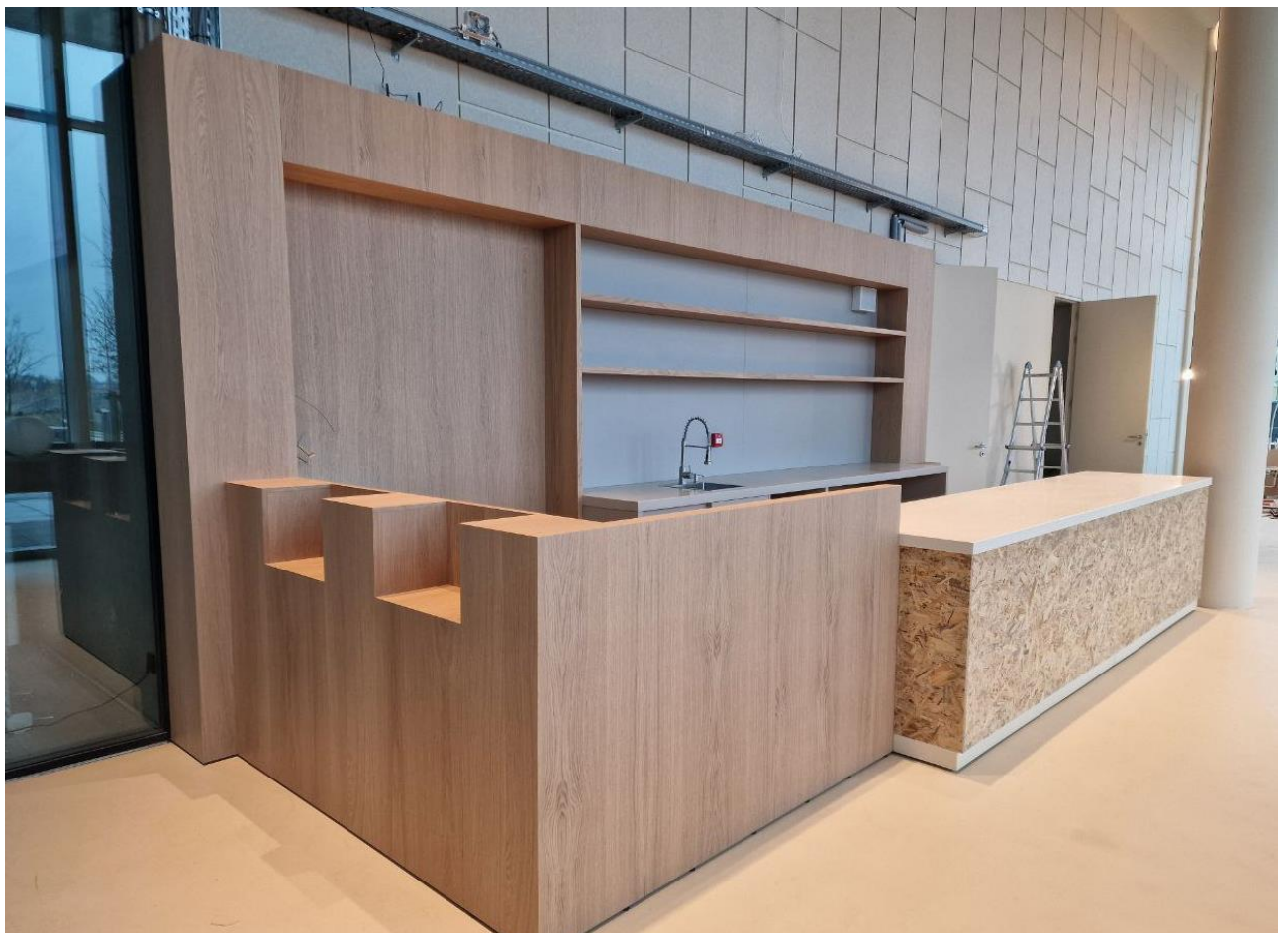


Рис. 78. Реалізований виріб на об'єкті

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

Рамково-тахлеві фасади з масивної деревини та комбінованих матеріалів поєднують міцність, естетику та довговічність, що робить їх актуальними для сучасного меблевого виробництва. Використання різних типів з'єднань і конструктивних рішень дозволяє адаптувати фасади під різні експлуатаційні та дизайнерські вимоги. Аналіз матеріалів показав, що масивна деревина забезпечує природну міцність та привабливий зовнішній вигляд, а МДФ і шпоновані панелі додають стабільності та економічності. Декоративні вставки підвищують естетичну цінність фасадів і розширюють дизайнерські можливості.

Сучасні САПР, зокрема Imos iX, TopSolid'Wood, Autodesk Inventor та SolidWorks, дозволяють ефективно проектувати фасади, оцінювати конструктивні рішення та інтегрувати їх з ЧПК-обладнанням. Це підвищує точність виготовлення, скорочує час розробки та зменшує ризик виробничих помилок. Практичне застосування Imos iX підтвердило можливість створення параметричних моделей фасадів, автоматичного генерування технічної документації та карт розкрою, що суттєво оптимізує виробничий процес і забезпечує інтеграцію проектування та виробництва.

Загальні результати дослідження свідчать, що поєднання традиційних технологій виробництва з сучасним цифровим проектуванням дозволяє отримувати високоякісні фасади з оптимальними характеристиками, економити матеріали та час, а також забезпечувати конкурентоспроможність продукції на ринку. Рекомендовано використовувати спеціалізовані САПР з інтеграцією ЧПК-обладнання для підприємств, що виготовляють рамково-тахлеві фасади, що забезпечує високу точність, швидкість та економічну ефективність виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко Л. І. Технологія меблевого виробництва. - Львів: НЛТУ України, 2018.
2. Копійчук В. С. Конструювання меблів з деревини. - Львів: НЛТУ України, 2017.
3. Стадник М. І. Проектування меблевих виробів. - Київ: Освіта, 2016.
4. Шостак В. М. Основи технології деревообробки. - Львів: НЛТУ України, 2019.
5. Білоус О. І. Конструктивні системи меблів. - Київ: КНУБА, 2018.
6. Смірнов Ю. М. З'єднання дерев'яних деталей у меблевих виробках. - Харків, 2014.
7. Hoadley R. B. Understanding Wood. - Taunton Press, 2018.
8. Офіційний сайт IMOS AG - електронний ресурс.
9. Woodworking Network - електронний ресурс.
10. Furniture Today - електронний ресурс.
11. Hoadley R. B. Understanding Wood. - Taunton Press, 2018.
12. Іванов С. М. Автоматизоване проектування виробів з деревини. - Київ, 2018.
13. Groover M. P. CAD/CAM. - Pearson, 2017.