

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
Інститут деревообробних технологій і дизайну
Кафедра технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів

Пояснювальна записка
до дипломної роботи магістра на тему

**Порівняльний аналіз технологій виготовлення меблевих заготовок при
використанні обладнання з CNC різного типу**

Виконав: студент групи ТД-62м
спеціальності 187 Деревообробні та меблеві технології
ОП «Технології деревообробки»
Барабаш Р.Г.

Керівник: к.т.н. Миськів Є.М.

Рецензент: _____

(прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут деревообробних технологій і дизайну
Кафедра технологій лісопиляння, столярних і дерев'яних будівельних виробів
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 187 Деревообробні та меблеві технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри: ТЛ,С і ДБВ

доц. Ференц О.Б.

“ 30 ” 08 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ МАГІСТРУ**

Барабаш Руслан Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Порівняльний аналіз технологій виготовлення меблевих заготовок при використанні обладнання з CNC різного типу

Керівник проекту к.т.н. Миськів Є.М.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом університету від “ 11 ” липня № С-305

2. Термін подання студентом роботи 15.01.2024р.
3. Вихідні дані до проекту взяті з підприємства на проходженні практики _____
4. Зміст пояснювальної записки (розділи, які потрібно розробити)
 1. Огляд стану питання
 2. Методика експериментальних досліджень
 3. Аналіз та опрацювання даних виробничого часу на виготовлення меблевих заготовок
 4. Висновки та рекомендації
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентаційний матеріал _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____ 30.08.2023р. _____
Керівник проекту _____ Миськів Є.М.
 (підпис) (прізвище, ініціали)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи магістра	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд стану питання	10.2023р.	
2	Методика експериментальних досліджень	11.2023р.	
3	Аналіз та опрацювання даних виробничого часу на виготовлення меблевих заготовок	12.2023р.	
4	Висновки та рекомендації	01.2024р.	

Студент

Барабаш Р.Г.

(підпис)

Керівник роботи

Миськів Є.М.

(підпис)

Анотація

Актуальністю представленої роботи виступає експериментальне обґрунтування ефективного обрання технологічного процесу з використанням обладнання з CNC за певних умов серійності виробництва. Обрання технології залежить від технічних характеристик самого обладнання, матеріалу з якого будуть виготовлятися меблеві заготовки, технологічних етапів обробки заготовок та серійності виробів. Одним із важливих факторів впливу є виробничий час на виготовлення меблевих заготовок, що має прямий вплив на формування собівартості готової продукції.

Виготовлення меблевих заготовок характерне як для індивідуального виробництва з одиничним циклом виготовлення, сфери надання послуг з виготовлення меблевих заготовок за замовленням так і для дрібно серійного та серійного виробництва. Розкрій плитного матеріалу може проводитись за двома принципово різними технологіями з використанням пильного центраз подальшою обробкою на свердлильному верстаті або оброблювальному центрі з розкромом та свердлінням матеріалу за одне базування.

На підприємстві ТОВ «Будівельна зірка» проведено експериментальні дослідження з встановленням часу виготовлення продукції на оброблювальному центрі, збір даних для розрахунків.

В роботі детально проаналізовано переваги та принципові відмінності за чотирма технологічними процесами виготовлення виробу за умов різної серійності його виготовлення. Проведені експериментальні дослідження дали можливість проаналізувати вплив технологічного процесу на виробничий час виготовлення виробу.

Встановлено експериментально коефіцієнта витрати часу для операції розкромом на пильному центрі. Для дослідження ефективності технологічних процесів застосовано методи спостереження, порівняння, вимірювання, моделювання, експерименту та аналізу даних для визначення витрати часу на виготовлення меблевих заготовок, а також комп'ютерне моделювання обробки на верстатах з ЧПУ.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ.....	7
1.1. Огляд літературних джерел, щодо критеріїв обрання різного типу обладнання з ЧПУ та вирішення технологічних задач з його використанням	7
1.2. Загальна характеристика обладнання з ЧПУ	13
1.3. Огляд технологій та обладнання з ЧПУ для розкрою плитних матеріалів	15
1.4. Висновки до 1-го розділу	21
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
2.1. Методика вимірювання часу та встановлення виробничого часу за умов різної серійності	24
2.2. Визначення коефіцієнта витраченого часу для операції розкрою на пильній станції.	26
2.3. Висновки до 2-го розділу.....	27
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ВИРОБНИЧОГО ЧАСУ НА ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ЗАГОТОВОК	28
3.1 Визначення коефіцієнта норми фактичного часу та розрахунок часу розкрою для операції розкрою на пильному центрі	28
3.2. Розрахунок виробничого часу за технологією «Розкрій на пильному центрі зі свердлінням на верстаті з ЧПУ»	32
3.3. Розрахунок виробничого часу за технологією «Розкрій на оброблювальному центр зі свердлінням на верстаті з ЧПУ».....	34
3.4. Апроксимація результатів дослідження	37
3.5. Порівняльний аналіз отриманих результатів експерименту. Вибір технології виготовлення.	40
3.6. Висновки до 3-го розділу	43
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	44
ДОДАТКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

ВСТУП

Актуальність теми. Ріст вимог споживачів до якості готової меблевої продукції, різноманітність меблевої фурнітури та плитних матеріалів, креативність конструкторів-дизайнерів сучасності, суттєво вплинули на світову галузь верстатобудування та залучення до неї останніх досягнень комп'ютерної техніки. Як наслідок, у верстатобудуванні інтенсивного розвитку набувають різні види та технології виготовлення обладнання з CNC(обладнання з ЧПУ) різного призначення та функціоналу. В умовах сучасної галузі деревообробки, потреба у застосуванні різноманітних типів обладнання з CNC продовжує тільки зростати. У виробництві меблів з плитних матеріалів, існує дві принципово різні технології виготовлення меблевих заготовок з використанням обладнання з ЧПУ.

За однією із технологій розкрій плитних матеріалів проводиться на розкрійному центрі з ЧПУ з подальшим свердлінням отриманих заготовок на свердлильному обладнанні з ЧПУ. Після чого відбувається личкування заготовок на верстаті з фугувальним агрегатом.

За іншою технологією розкрій проводиться на оброблювальному центрі з ЧПУ та одночасним свердління меблевих заготовок в пластів. Як «ріжучий інструмент» в даному випадку слугує кінцева фреза (це так звана технологія «nesting»). Оскільки за технологією «nesting», розкрій виконується фрезою, то це дає можливість личкувати меблеві заготовки без використання фугувального агрегату.

Кожна із наведених вище, технологій, мають свої переваги та відмінності на які слід зважати при виборі обладнання та організації виробничого процесу. Часто порівняння даних технологій зводиться до порівняння лише технічних характеристик кожного типу обладнання з ЧПУ, що надається самими виробниками обладнання. Маркетингові відділи продажу виробників обладнання подають порівняльну інформацію суб'єктивно, в більшості уникаючи порівняння технологічних процесів.

Вибір технології, що базується на використанні обладнання з ЧПУ слід проводити з врахування великої кількості відмінностей між самим обладнанням так і відмінностей в етапах виробництва. Слід враховувати

такі фактори, як конструктивні особливості виробу (-ів), їх серійність та повторюваність, можливість застосування різноманітної фурнітури та кріпильних елементів. Окрім того, одним із важливих факторів щодо використання (впровадження) будь-якого обладнання (виробничого потоку, лінії, технології) в тому числі з ЧПУ, є його продуктивність та затрати часу необхідні на виготовлення продукції, що в значній мірі впливає на собівартість продукції. Також виготовлення меблевих заготовок за коротші терміни (в тому числі через зменшення кількості операцій свердління) та зменшення часу на етапі збирання, є наприклад можливим за рахунок впровадження меблевої фурнітури типу «Rafix».

Оскільки, сучасне обладнання з ЧПУ та особливості виготовлення продукції за його допомогою, є ще достатньо новим напрямком в деревообробній галузі, то раціональний вибір технології, а відповідно і типу обладнання з ЧПУ є достатньо складною задачею та малодослідженою.

Зважаючи на наведену вище інформацію, проведення порівняльного аналізу технологій виготовлення меблевих заготовок при використанні обладнання з CNC різного типу є актуальним напрямком дослідження.

Мета роботи і задачі досліджень. Розробити рекомендації з вибору технології та типу обладнання з ЧПУ для виготовлення меблевих заготовок в залежності від серійності виробництва.

Проведення порівняльного аналізу технологічних процесів з використанням обладнання з числовим програмним керуванням різного типу. Дослідити витрати виробничого часу в залежності від використання обладнання з ЧПУ із різним типом інструменту для розкрою.

Для досягнення поставленої мети у роботі потрібно вирішити наступні завдання:

- провести огляд літературних джерел щодо критеріїв обрання різного типу обладнання та вирішення технологічних задач з його використанням;

- розробити методику проведення експериментальних досліджень у виробничих умовах;

- провести розрахунок норми фактичної витрати часу на метр розкрою;
- встановити час на виготовлення продукції за різними технологічними процесами з використанням різного типу обладнання;
- на основі технологічних розрахунків встановити ефективність впровадження кожного з запропонованих технологічних процесів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення меблевих заготовок при використанні обладнання з CNC.

Предмет дослідження – виробничий час виготовлення меблевих заготовок при використанні обладнання з CNC різного типу в умовах виробництва.

Методи дослідження. Для дослідження ефективності технологічних процесів застосовано методи спостереження, порівняння, вимірювання, моделювання, експерименту та аналізу даних для визначення витрати часу на виготовлення меблевих заготовок, а також комп'ютерне моделювання обробки на верстатах з ЧПУ.

Наукова новизна роботи. Встановлено залежність продуктивності лінії виготовлення меблевих заготовок від серійності виробництва за різними технологіями на базі обладнання з CNC різного типу.

Практичне значення одержаних результатів. Використовуючи результати отримані в магістерській роботі, можна ефективно обирати технології та тип обладнання з ЧПУ в залежності від запланованої серійності виробництва.

Апробація результатів магістерської роботи. Матеріали роботи доповідались і обговорювались на 75-ій студентській науково-технічній конференції навчально-наукового інституту дерево оброблювальних технологій і дизайну Національного лісотехнічного університету України.

Структура та об'єм роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, загальних висновків та списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи – 57 сторінки, зокрема 45 сторінок основного тексту.

Розділ 1.

ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Огляд літературних джерел, щодо критеріїв обрання різного типу обладнання з ЧПУ та вирішення технологічних задач з його використанням

Обробка з ЧПУ — це термін, який зазвичай використовується у виробництві та промисловому застосуванні. Термін ЧПУ означає «числове програмне управління», а визначення обробки з ЧПУ полягає в тому, що це виробничий процес, який використовує комп'ютеризовані елементи керування та верстати для обробки заготовок. Цей процес підходить для широкого спектру матеріалів, включаючи метали, пластмаси, дерево, скло, піну та композити, і знаходить застосування в різних галузях промисловості[1]. Існує різниця між визначенням обробки з ЧПУ та визначенням верстата з ЧПУ — одне є процесом, а інше — верстатом. Верстат з ЧПУ — це програмований верстат, який здатний автономно виконувати операції обробки з ЧПУ [2].

Еволюціонуючи від процесу обробки з числовим програмним управлінням (ЧПУ), який використовував перфокарти, сучасна деревообробка з ЧПУ — це виробничий деревообробний процес, який використовує комп'ютеризовані елементи керування для роботи. Незважаючи на те, що процес обробки з ЧПУ пропонує різні можливості та операції, основні принципи процесу залишаються в основному однаковими для всіх них. Базовий процес використання верстатів з ЧПУ при виготовленні меблевих заготовок включає в себе наступні етапи:

- Проектування моделі САПР або формування карт розкрою;
- Перетворення файлу САПР в програму з ЧПУ
- Підготовка верстата з ЧПУ;
- Виконання операції механічної обробки.

У 1819 році Томас Бланчард у США винайшов копіювальний верстат, а Ендрю Гір з Огайо запатентував перший шпindelний фрезерний верстат у 1853 році. Це шпindelний фрезерний верстат, на якому базується сучасний деревообробний верстат з ЧПУ. З розвитком електродвигуна в 1873 році верстати стали більш ефективними. У 1899 році, коли були представлені кулькові підшипники, верстати змогли забезпечити вимоги високої якості та масового виробництва того періоду.

У 1948 році Джон Парсонс, директор корпорації Parsons, подав пропозицію до ВПС Сполучених Штатів щодо верстатів для вирізання плоских шаблонів для перевірки контуру лопатей гелікоптера. Він отримав контракт на розробку верстата з числовим програмним керуванням із лабораторією ServoMechanisms Університету Массачусетса (MIT). У 1952 році Массачусетський технологічний інститут успішно продемонстрував триосьовий фрезерний верстат (рис.1.1.1), у результаті чого Асоціація аерокосмічної промисловості рекомендувала, щоб усі майбутні верстати були оснащені елементами керування з ЧПУ.

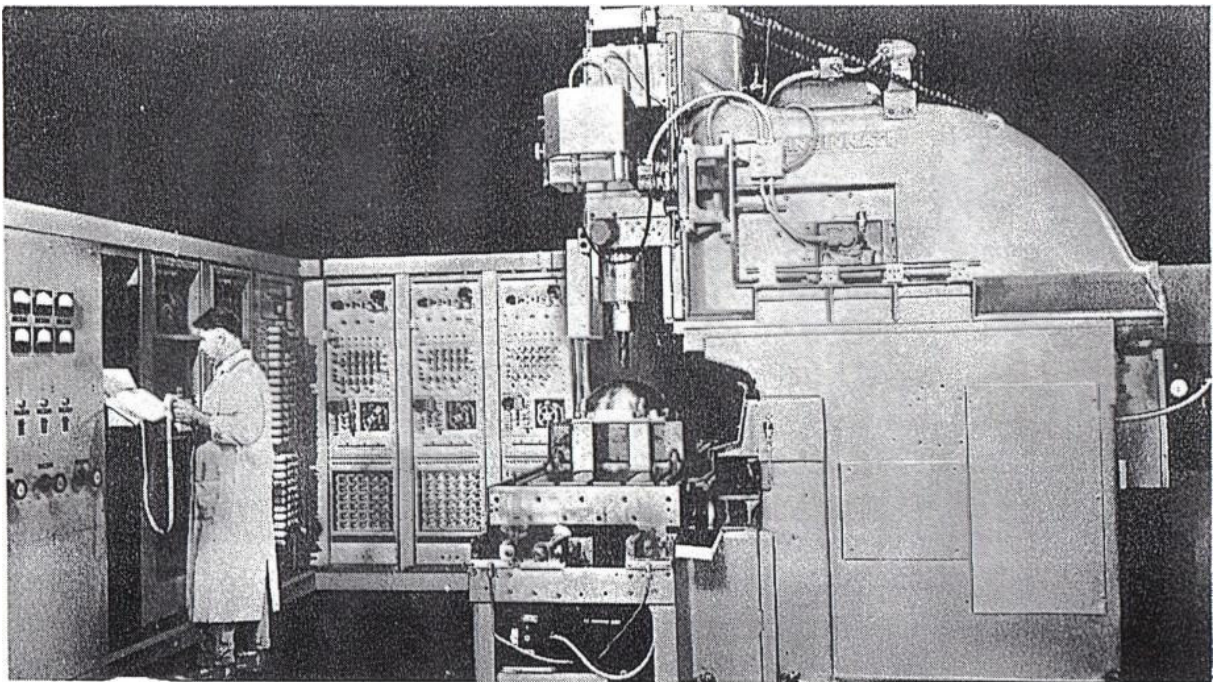


Рис. 1.1.1 Фото першого маршрутизатора із ЧПУ.

Верстат, продемонстрований у 1952 році, виглядав дуже схожим на сучасний одношпindelний фрезерний верстат з ЧПУ. Різними були ряди комп'ютерних консолей, необхідних для приводу серводвигунів, майже рівних за площею самій машині. Числового програмного управління (ЧПУ) не було, до поки IBM не розробила персональний комп'ютер. Розвиток деревообробної промисловості розпочався в середині 1960-х років з першого верстата з дисковим інструментом та затискною балкою, а через кілька років компанія EkstromCarlson запропонувала перший фрезерний пристрій із ЧПУ в США. В 1969 р. японська компанія Shoda (рис. 1.1.2) заявила про розробку першого фрезерного верстата з ЧПУ з використанням кінцевої фрези для розкрою матеріалу.



Рис. 1.1.2 Фото першого фрезерного верстата з ЧПУ японська компанія Shoda

Швидкий розвиток останніх двадцяти років почав сповільнюватися, і меблева промисловість переживає період удосконалення. Останні розробки – це дешевші верстати з ЧПУ (включно з 5-осьовим обладнанням з ЧПУ), дедалі зручніша розробка програм і введення даних, а також високошвидкісні шпинделі. (Рис.1.1.3)



Рис.1.1.3 Сучасний 5-осьовий верстат з ЧПУ австрійського виробництва траверсного типу з «грибковими» затискачами заготовки [3].

Philip Neil Ashley в своїй науковій роботі описує 10 критеріїв підбору верстата з ЧПУ для виробництва [4]. По-перше, що виробляє підприємство? Що виробляється на підприємстві і що планується виготовляти, якби було впроваджено нове обладнання? Заготовка матеріалу визначить, чи повинен верстат мати плоску станину чи напрямні, місткість або розмір столу та тип тримача інструменту. Усі ці критерії відбору будуть різними для кожного типу виробництва. Виробник повинен знати, якого розміру має бути його новий верстат і яку глибину різку він повинен мати. По-друге, чи є на виробництві інше обладнання з ЧПУ чи це буде перший верстат? Якщо на виробництві є типові обладнання, то виробництво вже може мати і деякі дорогі інструменти. Також чи є на виробництві співробітники, які володіють навиками користування обладнанням з ЧПУ. Бажано, щоб новий верстат зміг використовувати наявні ресурси. По-третє, компанія-виробник повинна враховувати обсяг роботи, яку вона зараз виконує, і якими будуть її майбутні цілі. Новий верстат потребуватиме швидкості руху та роботи, щоб йти в ногу з цими прогнозованими робочими циклами. Скільки годин на день буде використовуватись обладнання з ЧПУ? Інше обладнання та

технологічні процеси на виробництві повинні бути в змозі забезпечити новий верстат з ЧПУ завантаженням на постійній основі. Проблеми також виникають, якщо верстат з ЧПУ буде здатний виробляти набагато більше продукції, ніж наступні етапи виробничого процесу здатні опрацювати. У кожному разі може бути краще отримати повільніший або менший верстат, який краще «відповідає» вимогам конкретного виробництва. Якщо вже є частина обладнання на підприємстві, що вже використовується на виробництві і постачається певною компанією, то виробництво може розглянути можливість придбання обробного центру з ЧПУ або маршрутизатора в тієї ж компанії для централізації обслуговування та технічного обслуговування. Іншими словами, співпрацюйте з одним постачальником, а не з трьома чи чотирма. По-четверте, критерії відбору обладнання повинні враховувати тип матеріалу, який буде оброблятися на верстаті, вагу матеріалу, габаритні розміри заготовок до обробки. Чи є деталі, які важко тримати, які потребують спеціального затискання? Чи є якісь інші матеріали, які вони можуть використовувати у своєму продукті? Якщо компанія збирається інвестувати значні кошти в обладнання, компанія матиме хороші можливості для планування вдосконалення свого продукту. Інвестиції не закінчуються з придбанням машини. Існує питання щодо персоналу, необхідних інструментів, видалення пилу, подачі повітря та проблем з обслуговуванням, які пов'язані з обладнанням такого типу. По-п'яте, які технологічні операції повинен виконувати новий верстат з ЧПУ? Верстат з ЧПУ здатний свердлити поверхню та чотири сторони квадратної панелі. Він може виконувати операції фрезерування по краях і поверхні дошки або дерев'яної панелі. Верстат може шліфувати виріб, робити розпили вздовж і впоперек дошки, нарізати пази та шипи, різати ластівчин хвіст, різати та пазувати тощо. Крім того, багато з цих завдань можна виконувати на панелях, які не є квадратними чи плоскими, іншими словами на іншій поверхні (або четвертій) осі. По-шосте, яка спеціальна обробка потрібна? Якщо це є виробництво кухонних шаф, їм

може знадобитися виготовлення мулярських укосів. Можливо, їм знадобиться з'єднати стільниці або просвердлити багато отворів у випадку виробника настінних елементів. Чи потрібно обробляти пази або складну механічну обробку для з'єднання матеріалу? Окреме питання також стосується типу програмного забезпечення, яке може знадобитися. Програмне забезпечення можна отримати від постачальників обладнання або в партнерстві з компаніями, що займаються програмним забезпеченням. Програмне забезпечення доступне для архітектурних застосувань для кухонь, меблів, сходів, дверей; список великий. По-сьоме, які вимоги у виробників до інструментів з ЧПУ? Яка найбільша кількість інструментів потрібна для однієї роботи? Інструменти дорогі, і будь-якій компанії потрібно використовувати якомога менше, щоб отримати необхідні профілі та обробку. Якщо тримачі інструментів ISO або HSK вже доступні, виробництво має переконатися, що будь-який новий верстат приймає такі самі тримачі. Якщо інструменти будуть мати великі діаметри, то чим більший інструмент, тим більша ймовірність того, що не всі слоти в інструментальному магазині можна заповнити. На додаток до традиційних фрезерних інструментів, обладнання з ЧПУ здатне утримувати «агрегати» або спеціальні робочі вузли, що мають чотири з половиною осі для фрезерування та пиляння. По-восьме, чи може виробництво розглянути рішення для впровадження технології на основі вкладеного виробництва? 90% нових установок є вкладеними. Ця технологія не підходить для всіх застосувань, але вона стала стандартним стилем виробництва з середини 1990-х років. Було б гарною ідеєю озирнутися навколо, поставити багато запитань і серйозно подумати, чи підходить плоский стіл або верстат з рейками (траверсами) (або комбінація) для виробництва. По-дев'яте, наскільки вміло керівництво чи їхні працівники зможуть програмувати верстат з ЧПУ? Якщо верстат є першим ЧПУ на виробництві, можна поставити такі запитання: Хто готуватиме програми? Хто керуватиме верстатом? Наскільки легко освоїти

та використовувати блокпрограмування? Як конвертувати виробничі креслення або креслення клієнтів в програмне забезпеченні верстату? Скільки часу знадобиться персоналу, щоб вивчити верстат, і наскільки вони готові використовувати нову технологію? Чи буде новий персонал коштувати дорожче, і чи він доступний? По-десяте, і нарешті, чи маю виробничі площі, необхідні для встановлення нової машини та чи є всі наявні необхідні комунікаційні підключення для своєчасного запуску нового обладнання? Чи знадобиться нове приміщення чи збільшення площі певної ділянки на виробництві для розміщення обладнання, а також для переміщення та зберігання матеріалів. Верстат з ЧПУ повинен бути розташований в місці, яке забезпечує хороший потік матеріалу в технологічному ланцюгу виробничого процесу. Додатково має враховано забезпечення підключення стиснутого повітря, визначеного для верстата, який обирається для даного виробництва. Перш ніж формувати замовлення на верстат, замовник має врахувати питання видалення пилу, обробки матеріалів і навантаження на підлогу.

1.2. Загальна характеристика обладнання з ЧПУ, що використовувалось в експериментальних дослідженнях

Технологічні процеси виготовлення меблевих заготовок з плитного матеріалу на підприємстві відбуваються з використанням обладнання австрійської компанії FELDERKG. Розкрій плитних матеріалів проводиться на обробних центрах з ЧПУ ProfitH80 (Додаток 1) (Рис.1.2.1) з одночасним свердлінням заготовок в площину. За потреби подальше свердління деталей в торець відбувається на верстаті свердлильному з ЧПУ C-express-920 Classic(Додаток 2) (Рис.1.2.2).

NEW

Рис.1.2.1 Загальний вигляд обробного центру з ЧПУ ProfitH80 [3]

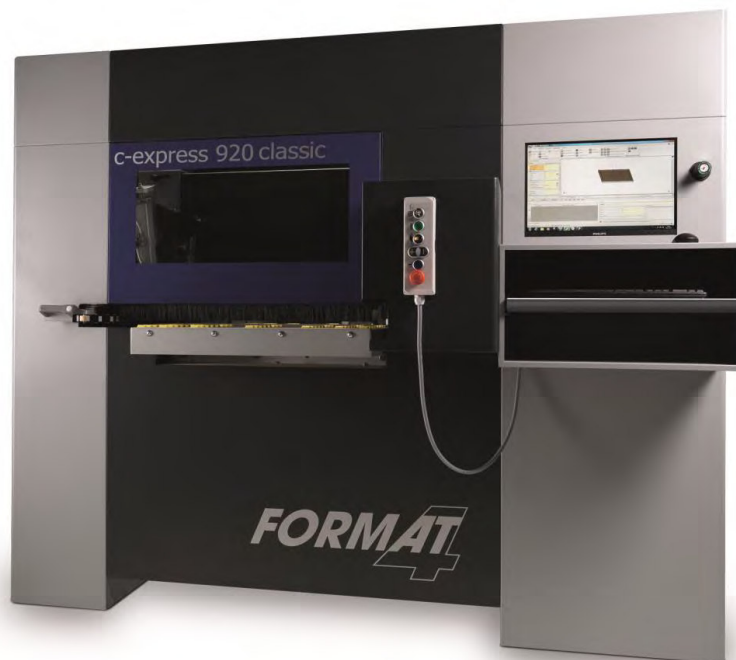


Рис.1.2.2 Загальний вигляд верстата C-express-920 Classic [3].

1.3. Огляд технологій та обладнання з ЧПУ для розкрою плитних

матеріалів

На сьогоднішній день існують дві принципово різні технології розкрою плитного матеріалу на заготовки, що відрізняються типом інструменту, що є основою кожної технології. Мова йде про розкрій дисковою пилою (Рис.1.3.1) або кінцевою фрезою з використанням верстатів з ЧПУ (Рис.1.2.1).



Рис.1.3.1 Пильний центр Карра automatic80 [3].

Розглянемо технологічний процес не тільки з точки зору розкрою матеріалу, а як повний технологічний процес виготовлення заготовок з розкромом, свердлінням та подальшим личкуванням заготовок крайкою личкувальним матеріалом на певному виді обладнання. Комплексний підхід до даної задачі, як до технології виготовлення меблевих заготовок при використанні обладнання з ЧПУ різного типу, надають можливість об'єктивніше визначити переваги кожного з технологічних процесів.

Перша альтернативна технологія тієї, що використовується на підприємстві ТОВ «Будівельна зірка», включає в себе пильний центр для розкрою плитного матеріалу, з подальшим свердлінням кожної заготовки на

свердлильному верстаті з ЧПУ та личкування заготовок на верстаті для личкування крайкою, що обладнаний вузлом попереднього фрезерування торця заготовки (фугувальним агрегатом). Необхідність використання даного агрегату обґрунтовується використанням підрізної пилки на пильному центрі. Дана особливість вплине на вибір та на габаритні розміри личкувального верстата, що матиме відображення в технічних характеристиках обладнання.

Інша технологія, так звана технологія "Nesting" за якою працюють на даному підприємстві, передбачає розкрій фрезою зі свердлінням заготовок в площину на обробному центрі, з можливим подальшим свердлінням заготовок в торець на свердлильному верстаті з ЧПУ або використанням меблевої фурнітури "Rafix" та личкуванні на верстаті без фугувального вузла.

Кожен з наведених технологічних процесів має переваги та відмінності один від іншого. Провівши аналіз можна обґрунтовано прийняти рішення про використання певного типу обладнання.

1. Пакетний чи одиничний розкрій матеріалу.

На продуктивність обох технологічних рішень впливає схема розкрою, розмір заготовок, швидкість переміщення ріжучого інструмента та висота пакетного різку (мається на увазі кількість плит, які можна розкрити одночасно). Для деталей шафи, столи або подібних компонентів на пильному центрі можемо розраховувати на розкрій одночасно до 4-5 плит, при умові однотипності заготовок. Висота пропилу на пильному центрі може досягати 100 мм, що дозволяє проводити розпил пакетами, на відміну від обробного центра, де можливий розкрій лише по одному листу матеріалу.

2. Простір — площа виробничого приміщення, що необхідне для розташування пакету обладнання.

На площу виробничого приміщення впливає безпосередньо місце, яке відводиться під обладнання та системи автоматизації завантажування та розвантажування верстатів. Важливим фактором є мінімізація площі необхідної для виробництва, так як це зменшить витрати на оренду приміщення, опалення та освітлення. Рекомендовану площу для встановлення кожного з типів обладнання ми можемо отримати з технічних Додатків 1-5 та просумувати квадратні метри. Важливою перевагою технології з використанням обробного центру є можливість відмовитись від свердління в торець заготовок, якщо на виробництві буде використовуватись меблева фурнітура типу Rafix. (Рис.1.7). Використання даної меблевої фурнітури надає можливість не використовувати додаткове свердління в торець, та суттєво зменшить витрати на обладнання та площу виробничого приміщення.



Рис.1.7 Rafix – елемент з'єднання меблевих заготовок

3. Автоматизація маркування заготовок після розкрою.

Для обох технологій доступний широкий спектр рішень для автоматизації маркування заготовок після розкрою. Першим, на що слід звернути увагу, як правило, маркування деталей, яке простіше реалізувати, це рішення на пильному центрі, адже ви вже маєте справу з однією деталлю за раз, що полегшує маркування. На оброблювальному верстаті ви повинні або наклеїти етикетки на весь аркуш перед різанням (коли їх

положення важко визначити), або ви повинні наклеїти етикетки після того, як деталі вирізані. Відмінність даних операцій буде те, що на пильній станції оператор маркує деталі в процесі розкрою, а на оброблювальному центрі на столі вивантаження в час коли проводиться розкрій наступного листа. Тому час маркування напряду не збільшує час розкрою листа на обробному центрі.

4. Відмінності в кількості кваліфікованого персоналу.

Для роботи за технологією на оброблювальному центрі потрібно лише одного кваліфікованого оператора, якщо мова йде про використання меблевої фурнітури Rafix; тоді як для технології з пильним центром та верстатом з ЧПУ для свердління, яке працює на повну потужність, знадобляться два оператори. Цикл обробки на оброблювальному центрі відносно довгий, що дозволяє оператору виконувати інші завдання, такі як горизонтальне свердління, маркування заготовок та завантаження в роботу іншого оброблювального центру.

5. Витрати на виробництво.

Крім витрат на робочу силу, які можуть бути компенсовані різницею у виробничих потужностях, ці дві технології демонструють значну різницю у виробничих витратах. Витрати на оснащення та енергоспоживання для обробного центру (24 кВт) майже в 2 вищі на одну деталь, ніж для пильного центра (14,35кВт). У процесі розкрою фрезеруванням видаляється як мінімум удвічі більше стружки, що пов'язано з більшим діаметром фрези для розкрою ніж ширини пильного диска. Це також підвищує вимоги до аспіраційних систем. Розкрій на обробному центрі вимагає також періодичної механічної обробки та заміни плити-основи.

6. Матеріал для розкрою.

Обидві технології дуже добре справляються з ламінованим ДСП або МДФ, оскільки вони практично герметичні і дозволяють добре утримувати вакуумну систему на обробному центрі та в затискачах пильної станції. Як тільки матеріали стають більш пористими або мають дещо нерівну поверхню (шпон з дуже відкритим зерном, фанера тощо), вакуумній системі стає все важче утримувати матеріали, тоді як механічне утримання натискною балкою пильного верстата взагалі не впливає. Дрібні деталі або гофрована панель також створюють проблеми в фіксації на столі оброблювального центра.

7. Концепція виробництва.

Основною найбільшою перевагою розкрою на оброблювальному центрі є той факт, що розкрій плити та свердління деталей відбувається за одне базування заготовки-плити, що зменшує неточності в процесі, та усуває вплив «людського фактору» на точність обробки. Але об'єднуючи два етапи виробництва в один виробничий цикл, виробництво втрачає можливість паралельної обробки.

8. Витрати матеріалу пов'язані з інструментом розкрою.

Ще одним фактором, що впливає на вихід матеріалу, є відходи, пов'язані з фактичною траєкторією різання. Типова товщина пильного диска становить 5 мм або 4 мм. Відходи під час розкрою при використанні обробного центра залежать від діаметра фрези. Найбільш поширеними є фрези діаметром 10мм або 12мм. Тому на перший погляд перевага може бути очевидна, якщо порівнювати лише етап розкрою. При порівнянні технологій слід згадати про фугування деталей на личкувальному верстаті, де фрезерування торця заготовки може досягати 2 мм на одну сторону. Для деталей, що було розкроєно на пильному центрі це є необхідна умова. А отже «сумарний розмір пропила» може досягати 9 мм. В такому контексті аналізу перевага першої технології втрачає свою важливість.

9. Програмне забезпечення.

Обидві технології вимагають програмного забезпечення для найбільш ефективної роботи. Карта розкрою для обробного центру вимагає, щоб інформація про різання та свердління була об'єднана, щоб створити схему розкрою плити разом зі свердлінням в площину заготовок для кожного окремого замовлення. Розміри деталей визначаються конструктором на етапі конструювання виробу, а схеми свердління призначаються за правилами, зазначеними при початковому налаштуванні програмного забезпечення для проектування та виготовлення. Карти розкрою для пильного центра можна сформувати аналогічним чином, надсилаючи карти різання на пильний центр, а окремо карти свердління на свердлильний верстат з ЧПУ, які викликаються вручну або за допомогою штрих-коду.

10. Форма і розміри деталей

Пильний центр має найменші обмеження щодо форми або розміру деталей і ви можете практично продублювати будь-яку операцію на деталі, яку можна виконати вручну на форматно-розкрійному верстаті без програмного керування. Деталі мінімальних розмірів також можна обробити і на обробному центрі, але це вимагатиме значно більше технологічних рішень та зусиль для налаштування, можливо навіть з використанням спеціалізованих утримувачів. Однак обробка чи виготовлення більшості заготовок не прямокутної форми матимуть вищу ефективність, якщо їх обробляти на обробному центрі, але менші деталі краще вирізати на форматно-розкрійному верстаті.

1.4. Висновки до 1-го розділу

З наведеного вище огляду немає явної переваги для одної технології перед іншою технологією виготовлення меблевих заготовок при використанні обладнання з ЧПУ різного типу. Використання кожної технології можливо з урахуванням факторів наведених в огляді, але для коректного впровадження технології варто розглядати впровадження нового обладнання з ЧПУ в комплексі з іншим обладнанням. Одним з важливих чинників вибору має бути також виробничий час на виготовлення виробів, адже це впливає на собівартість продукції та виробничі витрати.

Розділ 2.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Послідовність виконання експериментальних досліджень для проведення порівняльного аналізу технологій виготовлення меблевих заготовок при використанні обладнання з ЧПУ різного типу схематично відображено на рис 2.1.

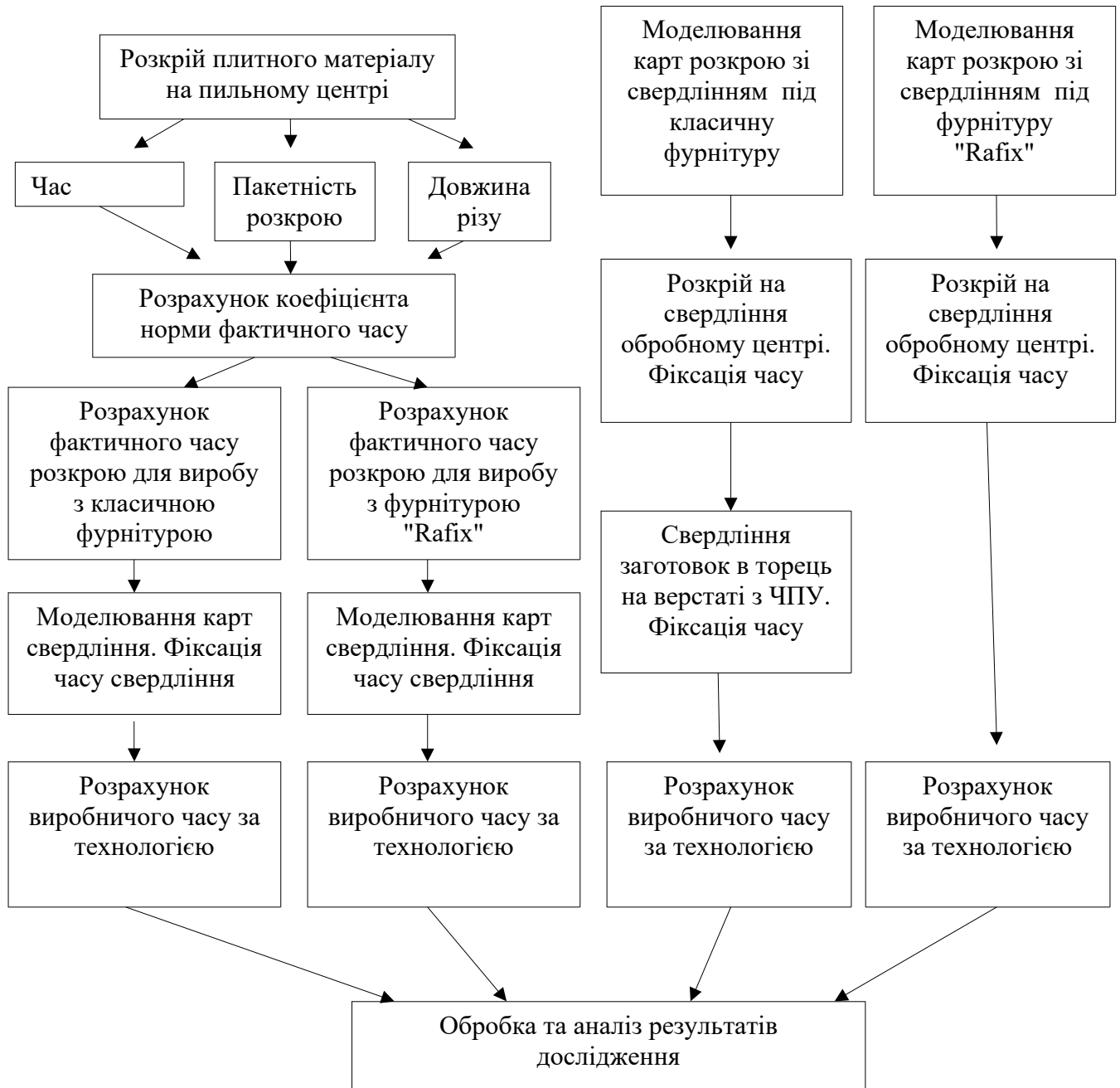


Рис.2.1. - Структурна схема

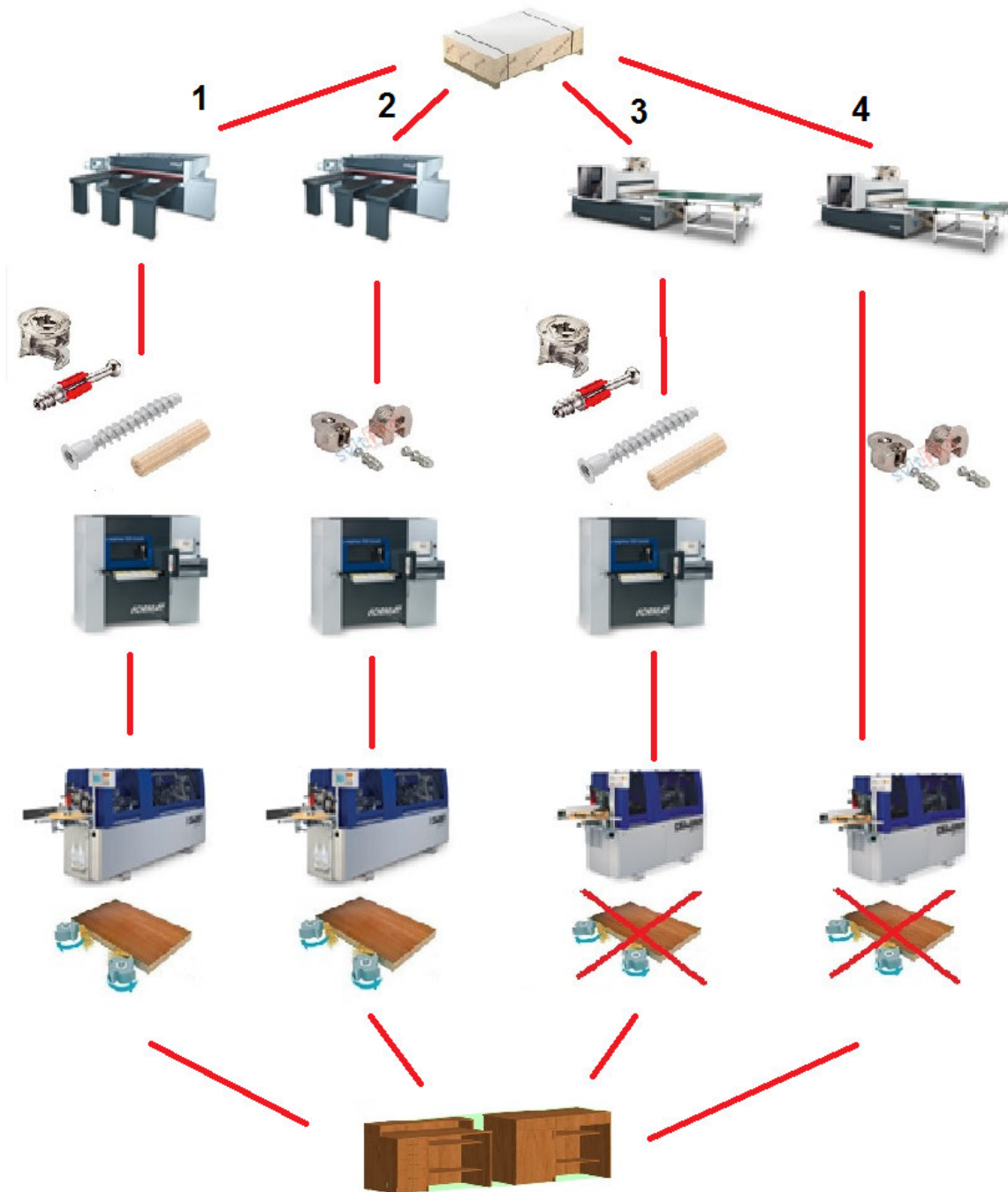


Рис. 2.2. – Структурна схема технологічних процесів виготовлення меблевих заготовок

Для порівняльного аналізу використовуються чотири технології, що містять наступні етапи:

Перша технологія – розкрій на пильній станції – свердління в площину заготовки та торці на свердлильному верстаті з ЧПУ – личкування з агрегатом прифугування на крайко личкувальному верстаті.

Друга технологія – розкрій на пильній станції – свердління тільки в

площину – личкування з агрегатом прифугування на крайко личкувальному верстаті.

Третя технологія – розкрій і свердління в площину на оброблювальному центрі з ЧПУ – свердління в торці заготовок на свердлильному верстаті з ЧПУ – личкування без агрегату прифугування на крайко личкувальному верстаті.

Четверта технологія – розкрій і свердління в площину на оброблювальному центрі з ЧПУ – личкування без агрегату прифугування на крайко личкувальному верстаті.

2.1. Методика вимірювання часу та встановлення виробничого часу за умов різної серійності

За кожною з наведених технологією було проведено збір даних на підприємстві ТОВ «Будівельна зірка» для подальшого аналізу затраченого часу на виготовлення меблевих заготовок з використанням обладнання з ЧПУ. Було проведено фіксацію затрачено часу на розкрій плитного матеріалу на пильному центрі з різними типами карт розкрою, проведено фіксацію часу для наступної операції по свердлінню заготовок після розкрою на пильній станції.

За іншою технологією було проведено фіксацію часу на обробному центрі затраченого на розкрій плитного матеріалу та свердлінням заготовок в площину. Фіксація часу для наступного свердління цих заготовок в торці, якщо така необхідність виникала за умов конструювання меблевого виробу.

Для збільшення інформативності по кожній з технологій виготовлення було з модельовано ситуацію по виготовленню конкретного меблевого виробу, а саме виріб «Стіл демонстраційний для кабінету хімії» Рис.2.1.1 в умовах одиничного виготовлення виробу та в умовах виготовлення 2, 3, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 50 комплектів виробів. За умов

виготовлення комплектів даного виробу змінюється формування карт розкрою , що суттєво впливає на час виготовлення.



Рис.2.1.1 Виріб «Стіл демонстраційний для кабінету хімії»

Також було проведено заміри часу на виготовлення даного виробу, після внесення конструктивних змін умов фіксації заготовок у виробі, замінивши класичні елементи з'єднання типу конфірмат та шкант (Рис.2.1.2) та елемент меблевого з'єднання типу «Rafix». Таке технологічне рішення дає можливість повністю відмовитись від свердління в торець заготовок та уникнути використання верстату для свердління з ЧПУ, що в свою чергу зменшує виробничий час виготовлення виробу, не впливаючи на кінцеву якість виробу.

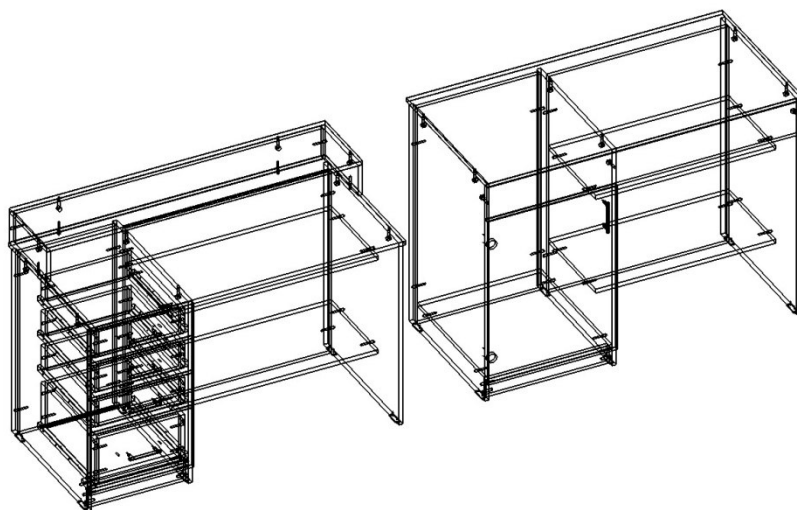


Рис.2.1.2 3D-модель виробу «Стіл демонстраційний для кабінету хімії» з класичними елементами з'єднання деталей.

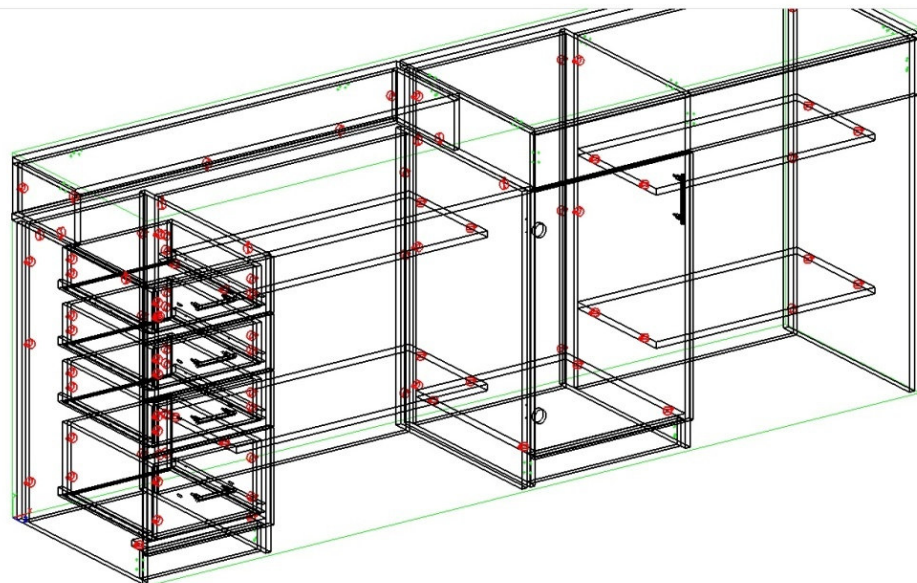


Рис.2.1.3 3D-модель виробу «Стіл демонстраційний для кабінету хімії» з елементами з'єднання деталей «Rafix».

Проект виробу розроблено в програмному забезпеченні «Базис-меблях».

2.2. Визначення коефіцієнта витраченого часу для операції розкрою на пильній станції.

Розкрій плитного матеріалу на заготовки проводився на пильній станції Карра automatic 80[3]. Для цього використовувались карти розкрою, які було згенеровано в програмному забезпеченні GibLab[6]. Проведено замір витрати часу на розкрій для кожної карти розкрою, що мали кілька параметрів відмінностей, такі як: довжина різку, кількість «поворотів матеріалу», кількість деталей, кількість типорозмірів, кількість листів в пакеті для крою. За результатами отриманих даних було сформовано інформаційну таблицю Додаток 6 з даними з карт розкрою та витраченим часом на розкрій кожного типу карти розкрою.

Щоб розрахувати витрачений час для розкрою будь-якої карти крою було математично розраховано коефіцієнт норми фактичного часу від довжини різку на карті розкрою.

2.3. Висновки до 2-го розділу

Головним етапом експериментальних досліджень, було фіксація виробничого часу під час розкрою плитного матеріалу на пильній станції, обробному центрі та час свердління на свердлильному верстаті з ЧПУ.

Методику експериментальних досліджень проведено в умовах ТзОВ «Будівельна зірка».

Після проведення розкрою плитного матеріалу на заготовки, отримані дані часу відразу фіксувались для подальшого аналізу. Дані вносились до таблиць. Для кожної технології генерувались карти розкрою та проводилась обробка на оброблювальному центрі. Час свердління заготовок на верстаті з ЧПУ фіксувався за кожним типом карт свердління.

Розділ 3.

АНАЛІЗ ТА ОПРАЦЮВАННЯ ДАНИХ ВИРОБНИЧОГО ЧАСУ НА ВИГОТОВЛЕННЯ МЕБЛЕВИХ ЗАГОТОВОК

3.1 Визначення коефіцієнта норми фактичного часу та розрахунок часу розкрою для операції розкрою на пильному центрі.

Даний коефіцієнт дає можливість розрахувати фактичний час для наступних карт розкрою, а також час розкрою плитного матеріалу для заданого нашого виробу без витрат на матеріал. Проводилась генерація карт крою для виготовлення даного виробу з подальшим розрахунком часу з використанням коефіцієнта норми фактичного часу.

За отриманими даними з додатку 6 проводимо розрахунок середнього значення [7,8] співвідношення часу різку до довжини різку. Дані для розрахунку наведено в таблиці 3.1.1

Таблиця 3.1.1. Дані співвідношення часу різку до довжини різку

Номер карти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Співвідношення	0,53	0,34	0,49	0,51	0,44	0,51	0,48	0,47	0,43	0,62
Номер карти	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Співвідношення	0,41	0,58	0,7	0,52	0,59	0,39	0,51	0,59	0,49	0,82
Номер карти	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Співвідношення	0,57	0,39	0,46	0,87	0,39	0,58	0,47	0,47	0,4	0,49
Номер карти	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Співвідношення	0,5	0,55	0,59	0,59	0,47	0,39	0,67	0,75	0,55	0,43

Об'єм вибірки становить $N = 40$ значень.

Максимальне значення вибірки становить - $y_{\max} = 0,87$ хв./м

Мінімальне значення вибірки становить - $y_{\min} = 0,34$ хв./м

Розбиваємо вибірку на інтервали і визначаємо їх кількість за формулою:

$$k=1+3,322 \cdot \lg N, \quad (3.1.1)$$

$$k=6,32204$$

Приймаємо кількість інтервалів рівну 7.

Визначаємо величину інтервалу за формулою:

$$\Delta y = \frac{y_{\max} - y_{\min}}{k}, \quad (3.1.2)$$

$$\Delta y = 0,08383 \text{ хв./м}$$

Розраховуємо проміжні результати та заносимо їх до таблиці 3.1.2

Середнє значення в кожному інтервалі визначаємо за формулою

$$y_i = \frac{y_{in} + y_{iv}}{2}, \quad (3.1.3)$$

де y_{in} , y_{iv} - відповідно значення нижньої і верхньої меж i -ого інтервалу

Таблиця 3.1.2 Проміжні результати розрахунку

№ інтервалу	Межі інтервалу		Середнє значення y_i	Частота m_i	$y_i \cdot m_i$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2 \cdot m_i$
	y_{in}	y_{iv}					
1	0,34	0,42	0,38	7	2,67342	0,01913	0,1339377
2	0,42	0,51	0,47	13	6,05	0,00297	0,0386017
3	0,51	0,59	0,55	14	7,69	0,00086	0,0120532
4	0,59	0,68	0,63	2	1,27	0,01281	0,0256174
5	0,68	0,76	0,72	2	1,43	0,03881	0,0776252
6	0,76	0,84	0,80	1	0,80	0,07887	0,0788726
7	0,84	0,93	0,88	1	0,88	0,13299	0,1329889
Σ				40	20,81		0,499697

Визначаємо середнє значення вибірки за формулою:

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^k y_i \cdot m_i. \quad (3.1.4)$$

$$y = 0,520 \text{ хв./м}$$

Визначаємо значення дисперсії та середньоквадратичне відхилення за формулами:

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^k m_i (y_i - \bar{y})^2,$$

$$S = \sqrt{S^2}.$$
(3.1.5)

$$S^2 = 0,0128 \text{ хв./м}$$

$$S = 0.113 \text{ хв./м.}$$

Визначаємо інтервал розсіювання

$$\bar{y} - 3S \leq y \leq \bar{y} + 3S$$
(3.1.6)

$$0.1807 \leq y \leq 0.8598$$

Визначаємо коефіцієнт варіації за формулою :

$$V = \frac{S}{y} \cdot 100\%.$$
(3.1.7)

$$V = 21.76 \%$$

Оскільки, коефіцієнт варіації є меншим 30%, то вихідна величина є відтворюваною.

Визначаємо середньо квадратичну похибку середнього значення за формулою:

$$S_y = \frac{S}{\sqrt{N}}$$
(3.1.8)

$$S_y = 0,018 \text{ хв./м.}$$

Показник точності дослід (середнього значення) визначаємо за формулою:

$$P = \frac{S_y}{y} \cdot 100\% = \frac{V}{\sqrt{N}}$$
(3.1.9)

$$P = 3,44\%.$$

Отже, показник точності досліджу є меншим 5% , тому не має необхідності збільшувати об'єм вибірки.

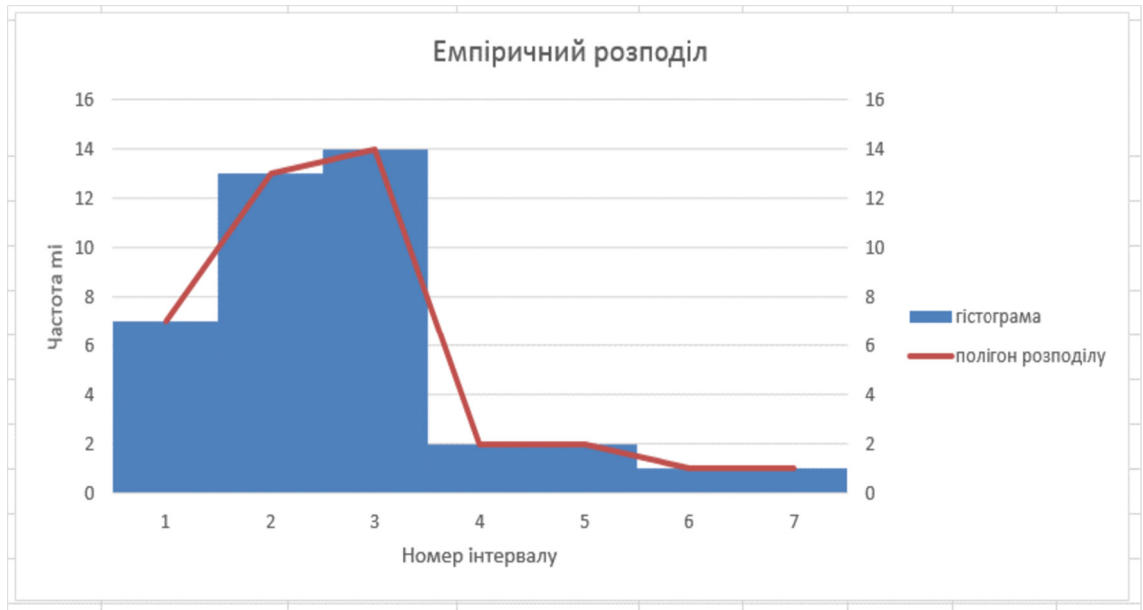


Рис. 3.1.1 – Емпіричний розподіл значень коефіцієнта норми фактичного часу

Карти крою для заданого виробу мали відмінності в залежності від кількості комплектів виробів, що було сплановано виготовляти. Адже при кількості виробів «один» складно проводити розкрій пакетним методом різю. Було змодельоване виготовлення наступних замовлень виробу в кількості комплектів виготовлення як 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 50 шт.

Отримані результати виробничого часу занесено до таблиці 3.1.3.

Таблиця 3.1.3. Результати розрахунку виробничого часу

Кількість комплектів виробів, шт	1	2	3	4	6	8	10	20	30	40	50
Кількість листів, шт	2	4	6	7	11	14	18	35	52	69	87
Кількість пакетів, шт	2	3	4	3	5	7	8	10	17	21	27
Загальна довжина різю в розкрої, м	61,61	117,06	172,94	229,6	328,18	427,47	551,38	1050,76	1592,12	2066,24	2585,97
Загальна довжина різю в розкрої (з врахуванням пакетності), м	61,61	84,33	107,47	101,33	147,64	223,25	232,82	299,75	522,03	654,36	795,03
Загальний час розкрою, хв	32,65	44,69	56,96	53,70	78,25	118,32	123,39	158,87	276,68	346,81	421,37

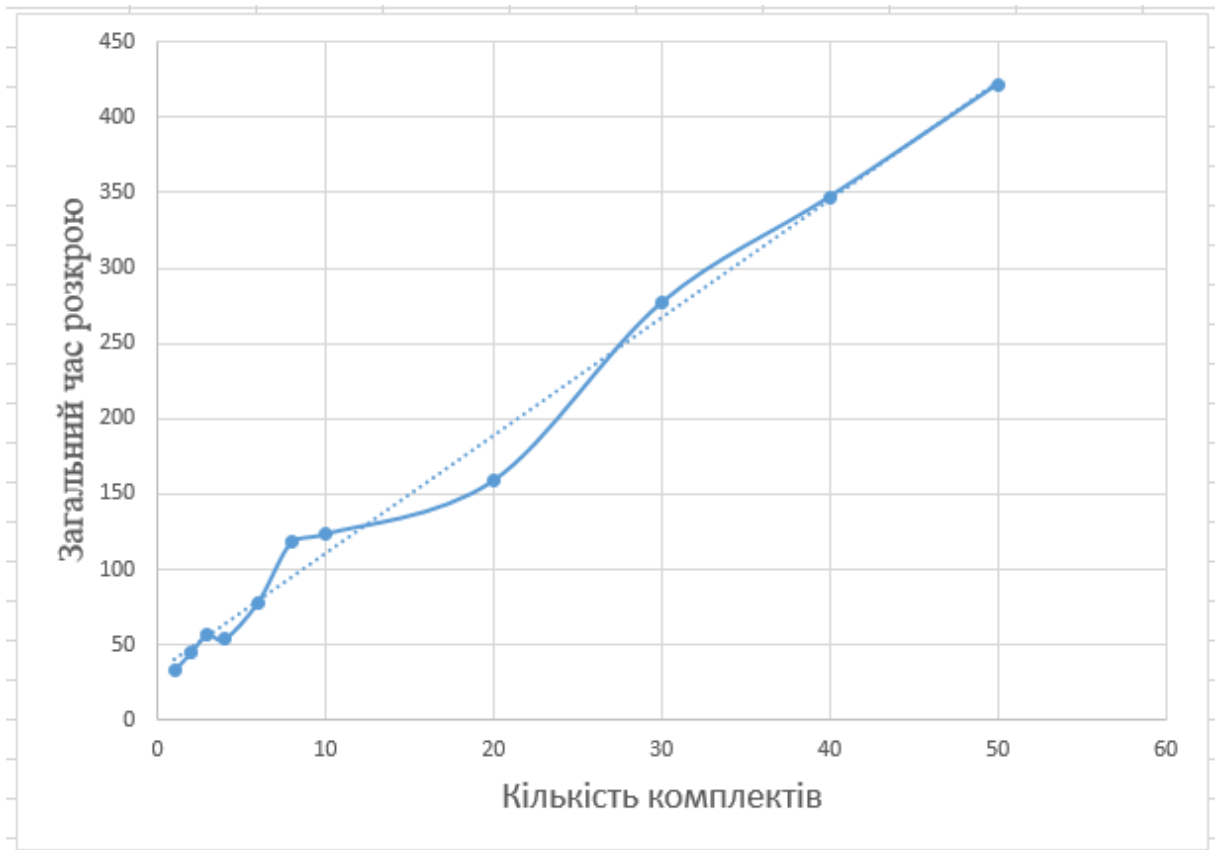


Рис. 3.1.2 – Візуальне відображення загального часу розкрою на пильному центрі по відношенню до серійності виробу

3.2. Розрахунок виробничого часу за технологією «Розкрій на пильному центрі зі свердлінням на верстаті з ЧПУ»

Свердління на верстаті з ЧПУ проведено по деталю. Для цього згенеровано карти свердління для кожної окремої деталі з врахуванням меблевої фурнітури, що використовується у з'єднанні деталей виробу. Проведено заміри часу, що витрачено на виготовлення кожної деталі в виробі. Сумарний час виготовлення одного комплекту виробу з елементами з'єднання шкантами та мініфіксами наведено в таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 Сумарний час виготовлення

Час безпосередньої обробки, сек	780
Загалом деталей у виробі, шт	46
Час завантаження/вивантаження деталі, сек	15
Час загалом, сек	1470
Час загалом, хв	24,50

Сумарний час виготовлення одного комплекту виробу з елементами з'єднання «Rafix» наведено в таблиці 3.2.2.

Таблиця 3.2.2 Сумарний час виготовлення ("Rafix")

Час безпосередньої обробки, сек	755
Загалом деталей у виробі, шт	49
Час завантаження/вивантаження деталі, сек	15
Час загалом, сек	1490
Час загалом, хв	24,83

Отримані дані було враховано в розрахунку часу, в залежності від кількості виробів в серії та технологією розкрою плитного матеріалу на пильному центрі зі свердлінням на верстаті з ЧПУ. Отримані результати виробничого часу подано в окремих таблицях 3.2.3 (класична фурнітура) та таблиця 3.2.4 (фурнітура Rafix).

Таблиця 3.2.3 Результати виробничого часу (класична фурнітура)

Пильний центр зі свердлінням на верстаті з ЧПУ											
Параметр	1 комплект	2 комплекти	3 комплекти	4 комплекти	6 комплектів	8 комплектів	10 комплектів	20 комплектів	30 комплектів	40 комплектів	50 комплектів
Час розкрою листів загалом, хв	32,65	44,69	56,96	53,7	78,25	118,32	123,39	158,87	276,68	346,81	421,37
Кількість листів, шт	2	4	6	7	11	14	18	35	52	69	87
Кількість пакетів, шт	2	3	4	3	5	7	8	10	17	21	27
Час присадки після розкрою, хв	24,5	49	73,5	98	147	196	245	490	735	980	1225
Час загалом, хв	57,15	93,69	130,46	151,7	225,25	314,32	368,39	648,87	1011,68	1326,81	1646,37

Таблиця 3.2.4 Результати виробничого часу (фурнітура Rafix)

Пильний центр зі свердлінням на верстаті з ЧПУ											
Параметр	1 комплект	2 комплекти	3 комплекти	4 комплекти	6 комплектів	8 комплектів	10 комплектів	20 комплектів	30 комплектів	40 комплектів	50 комплектів
Час розкрою листів загалом, хв	32,65	44,94	56,96	53,7	78,25	112,43	123,39	158,87	292,48	346,81	474,96
Кількість листів, шт	2	4	6	7	11	14	18	35	52	69	87
Кількість пакетів, шт	2	3	4	3	5	7	8	10	18	21	29
Час присадки після розкрою, хв	24,83	49,66	74,49	99,32	148,98	198,64	248,3	496,6	744,9	993,2	1241,5
Час загалом, хв	57,48	94,6	131,45	153,02	227,23	311,07	371,69	655,47	1037,38	1340,01	1716,46

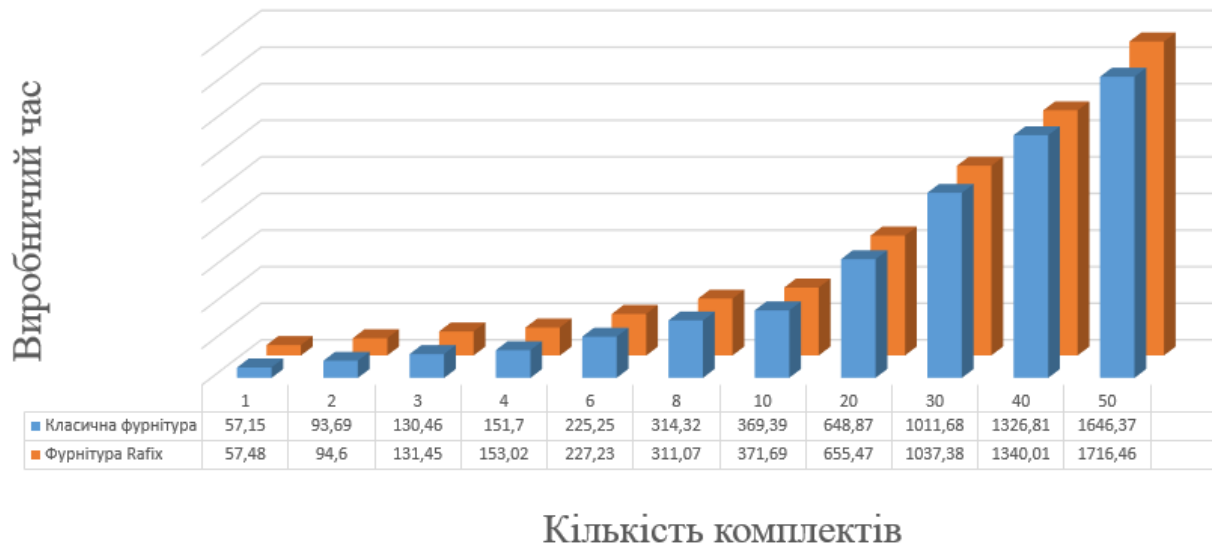


Рис. 3.2.1 – Візуальне відображення виробничого часу за двома технологіями виготовлення виробу з використанням пильного центру

3.3. Розрахунок виробничого часу за технологією «Розкрій на оброблювальному центр зі свердлінням на верстаті з ЧПУ»

Для розрахунку виробничого часу за технологією «Оброблювальний центр + свердлильний верстат з ЧПУ» згенеровано карти розкрою разом зі свердлінням в площину заготовки в програмному забезпеченні F4 Nest. На деталі, які потребували додаткового свердління в торці, було згенеровано додаткові карти свердління. Результати розрахунків проведено за умов різної серійності виробів, а саме за для 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, 50 комплектів виробу. Кількість комплектів виробу впливала на формування карт розкрою, їх оптимізацію, розкладку деталей на робочому полі розкрою. Розрахунки виробничого часу проводились для виробу з використанням класичних елементів з'єднання.

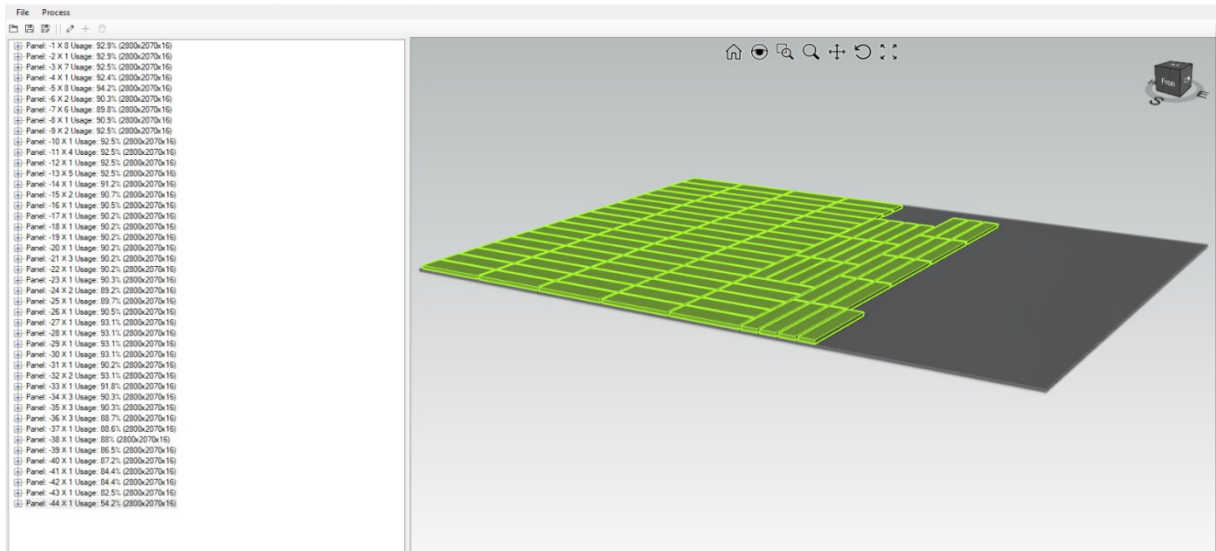


Рис. 3.3.1 – Візуалізація карт розкрою в програмному забезпеченні F4 Nest

Отримані результати експериментальних досліджень наведено в таблиці 3.3.1.

Таблиця 3.3.1 Результати експериментальних досліджень

Параметр	Нестінг + ЧПК присадка					
	1 комплект	2 комплекти	3 комплекти	4 комплекти	6 комплектів	8 комплектів
Час обробки листів загалом, хв	24,23	51,35	74,72	99,32	145,48	194,93
Кількість листів, шт	2	4	6	8	11	15
Час підготовки столу та завантаження одного листа, хв	2	2	2	2	2	2
Загальний час підготовки столу та завантаження листів, хв	4	8	12	16	22	30
Час вивантаження деталей зі столу (орієнтовно кожні 115 хв), хв	4	4	4	4	4	4
Кількість вивантажень, шт	0,25	0,52	0,75	1,00	1,46	1,96
Кількість вивантажень (округлено) шт	1	1	1	2	2	2
Загальний час вивантаження деталей зі столу, хв	4	4	4	8	8	8
Час обробки листів загалом, хв	32,23	63,35	90,72	123,32	175,48	232,93
Час досвердлювання після нестінгу, хв	16,28	32,56	48,84	65,12	97,68	130,24
Час загалом, хв	48,51	95,91	139,56	188,44	273,16	363,17

Параметр	Нестінг + ЧПК присадка				
	10 комплектів	20 комплектів	30 комплектів	40 комплектів	50 комплектів
Час обробки листів загалом, хв	237,88	472,8	705,28	944,7	1177,12
Кількість листів, шт	18	36	54	71	89
Час підготовки столу та завантаження одного листа, хв	2	2	2	2	2
Загальний час підготовки столу та завантаження листів, хв	36	72	108	142	178
Час вивантаження деталей зі столу (орієнтовно кожні 115 хв), хв	4	4	4	4	4
Кількість вивантажень, шт	2,38	4,74	7,07	9,45	11,78
Кількість вивантажень (округлено) шт	3	5	8	10	12
Загальний час вивантаження деталей зі столу, хв	12	20	32	40	48
Час обробки листів загалом, хв	285,88	564,8	845,28	1126,7	1403,12
Час досвердлювання після нестінгу, хв	162,8	325,6	488,4	651,2	814
Час загалом, хв	448,68	890,4	1333,68	1777,9	2217,12

За тим же алгоритмом дій було сформовано карти розкрою та свердління для виробів, для з'єднання яких використовується меблева фурнітура Rafix. За таких умов на отримані результати суттєво вплинуло зменшення виробничого часу на верстаті для свердління. Результати експерименту для даної технології подано в таблиці 3.3.2.

Таблиця 3.3.2 Результати експериментальних досліджень

Параметр	Нестінг + ЧПК присадка					
	1 комплект	2 комплекти	3 комплекти	4 комплекти	6 комплектів	8 комплектів
Час обробки листів загалом, хв	26,88	53,18	78,57	107,07	157,38	210,58
Кількість листів, шт	2	4	6	8	11	15
Час підготовки столу та завантаження одного листа, хв	2	2	2	2	2	2
Загальний час підготовки столу та завантаження листів, хв	4	8	12	16	22	30
Час вивантаження деталей зі столу (орієнтовно кожні 115 хв), хв	4	4	4	4	4	4
Кількість вивантажень, шт	0,27	0,53	0,79	1,07	1,56	2,09
Кількість вивантажень (округлено) шт	1	1	1	2	2	3
Загальний час вивантаження деталей зі столу, хв	4	4	4	8	8	12
Час обробки листів загалом, хв	34,88	65,18	94,57	131,07	187,38	252,58
Час досвердлювання після нестінгу, хв	1,62	3,24	4,86	6,48	9,72	12,96
Час загалом, хв	36,5	68,42	99,43	137,55	197,1	265,54

Параметр	Нестінг + ЧПК присадка				
	10 комплектів	20 комплектів	30 комплектів	40 комплектів	50 комплектів
Час обробки листів загалом, хв	261,78	517,17	772,12	1033,2	1287,27
Кількість листів, шт	18	36	54	71	89
Час підготовки столу та завантаження одного листа, хв	2	2	2	2	2
Загальний час підготовки столу та завантаження листів, хв	36	72	108	142	178
Час вивантаження деталей зі столу (орієнтовно кожні 115 хв), хв	4	4	4	4	4
Кількість вивантажень, шт	2,59	5,12	7,65	10,22	12,74
Кількість вивантажень (округлено) шт	3	6	8	11	13
Загальний час вивантаження деталей зі столу, хв	12	24	32	44	52
Час обробки листів загалом, хв	309,78	613,17	912,12	1219,2	1517,27
Час досвердлювання після нестінгу, хв	16,2	32,4	48,6	64,8	81
Час загалом, хв	325,98	645,57	960,72	1284	1598,27

Для більшої інформативності отримані результати експерименту наведено графічно на рис. 3.3.2.

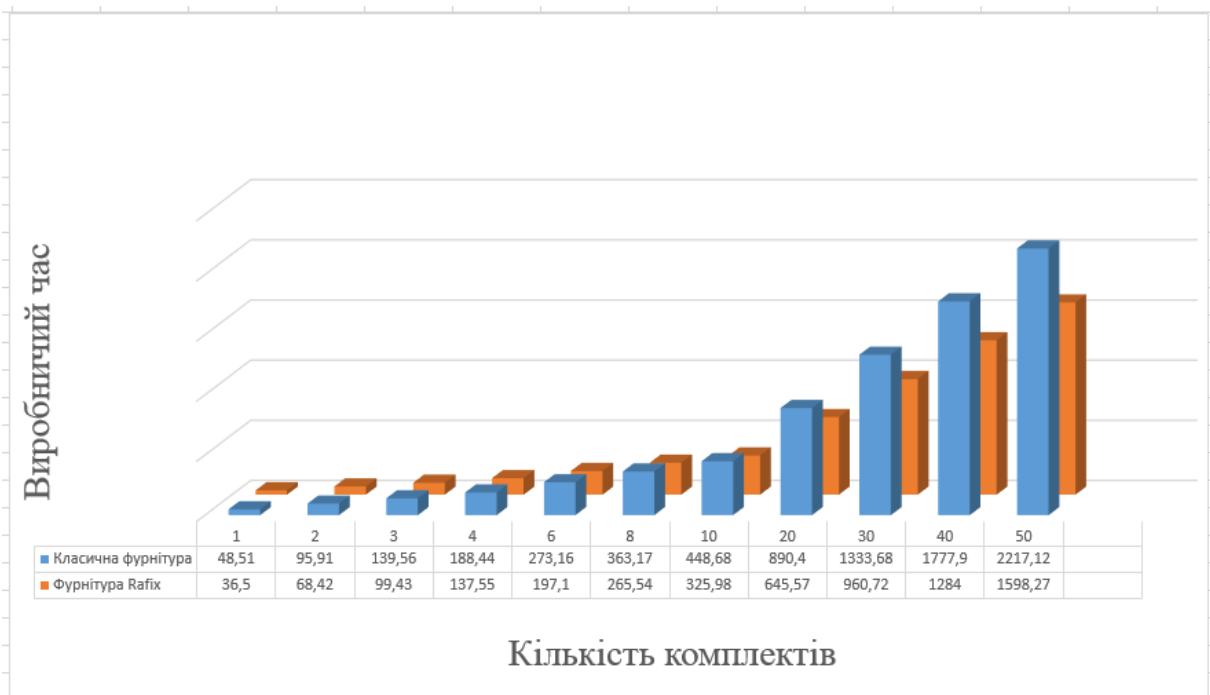


Рис. 3.3.2 – Візуальне відображення виробничого часу за двома технологіями виготовлення виробу з використанням оброблювального центру

3.4. Апроксимація результатів дослідження

Для розрахунку рівняння, що описує залежність виробничого часу на виготовлення комплектів даного виробу використано прикладну програму Excel. В процесі побудови рівняння залежності використано наявні інструменти в «Аналізі даних» з функцією побудови рівняння, що описує лінію тренду (для даної однофакторної моделі).

Аналізуючи той факт, що обробка на оброблювальному центрі кожного разу ведеться тільки для розкрою одного листа, то результати аналізу можна було б провести більш простими методами, які б також доволі точно і прямолінійно описували б отримані результати роботи. Більш складніша ситуація виникає при обробці на пильному центрі, так як в залежності від кількості комплектів виробу суттєво змінюється пакетність різку плитного матеріалу в залежності від карт розкрою. За таких умов прямолінійної залежності двох параметрів виробничого часу та комплектності виробу може не виявитись. Для об'єктивності результатів аналізу пошук регресійного рівняння, яке б максимально описувало залежність виробничого часу від кількості комплектів виробу буде проведено для всіх даних за однією методикою.

Проводимо побудову математичних моделей для чотирьох умов (Додаток 7), а саме:

- розкрій на оброблювальному центрі зі свердлінням в площину з наступним свердлінням в торець на верстаті з ЧПУ для меблевого виробу з класичними елементами з'єднання меблевих заготовок;
- розкрій на пильному центрі з наступним свердлінням на верстаті з ЧПУ для меблевого виробу з класичними елементами з'єднання меблевих заготовок;
- розкрій на оброблювальному центрі зі свердлінням в площину з відсутністю свердлінням в торець на верстаті з ЧПУ для меблевого виробу зі з'єднання меблевих заготовок меблевою фурнітурою Rafix;

•розкрій на пильному центрі з наступним свердлінням на верстаті з ЧПУ для меблевого виробу зі з'єднання меблевих заготовок меблевою фурнітурою Rafix.

Для візуального відображення результатів розрахунків будемо графік чотирьох рівнянь залежності.

Рівняння залежності	b0	b1	x - кількість комплектів ,шт	y-виробничий час, хв
1 $y=44,211*x+7,6167$	7,6167	44,211	1	51,8277
			50	2218,1667
2 $y=32,319*x+31,924$	31,924	32,319	1	64,243
			50	1647,874
3 $y=31,87*x+6,6937$	6,6937	31,87	1	38,5637
			50	1600,1937
4 $y=33,378*x+26,183$	26,183	33,378	1	59,561
			50	1695,083

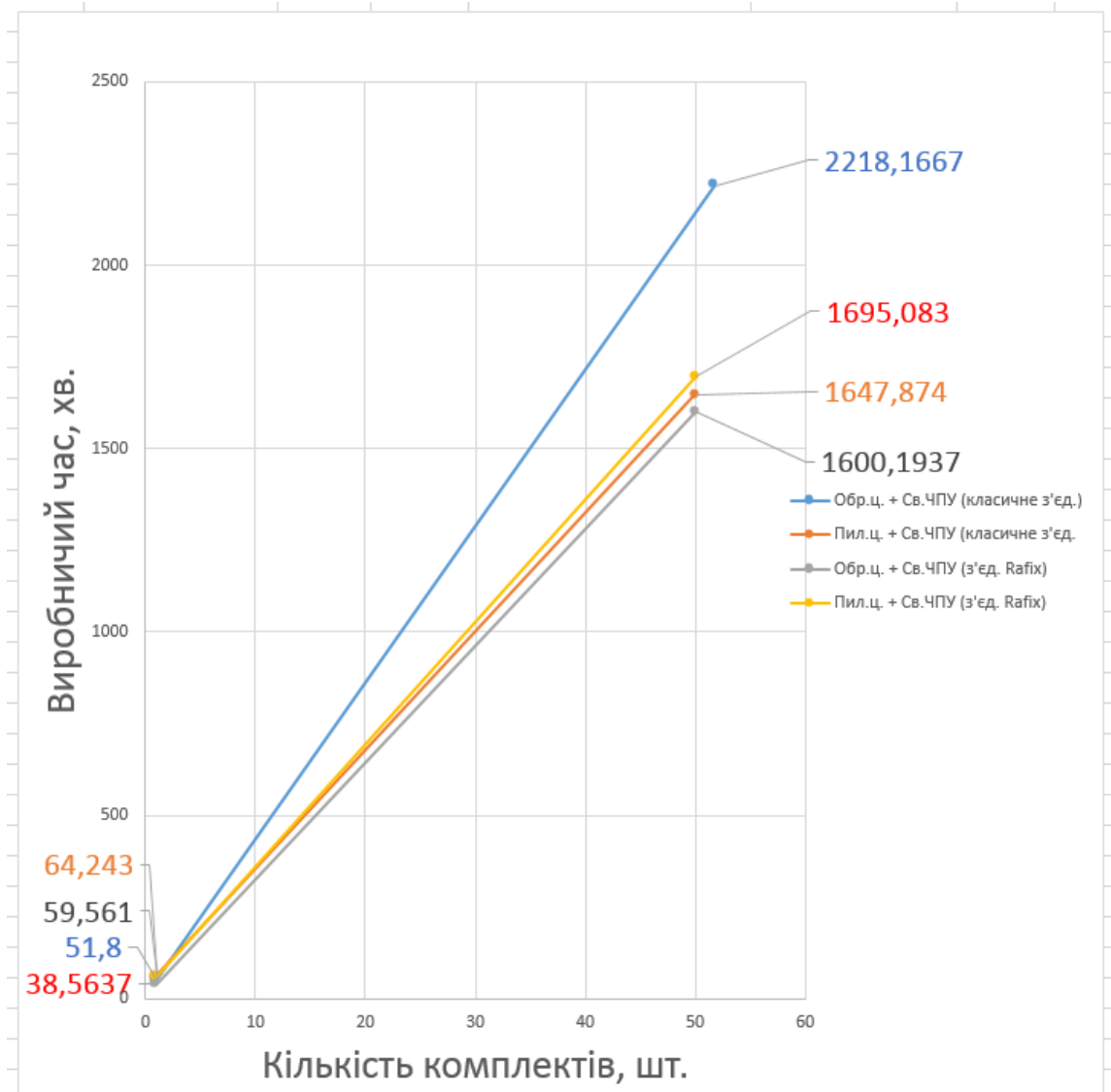


Рис. 3.4.1 Графік візуалізації рівнянь залежності

Аналіз отриманих даних говорить про те, що в умовах серійного виробництва використання технології з розкромом плитних матеріалів на пильному центрі з подальшим свердлінням на верстаті з ЧПУ мало залежить від фурнітури з'єднання меблевих заготовок. Та демонструє майже схожий виробничий час.

Для технології розкрою плитного матеріалу на обробному центрі з подальшим можливим свердлінням або взагалі без такого результат суттєво залежить від використання меблевої фурнітури для з'єднання меблевих заготовок. В умовах застосування фурнітури типу "Rafix" результати виробничого часу витраченого на виготовлення партії виробів краще, ніж у конкуруючої технології.

3.5. Порівняльний аналіз отриманих результатів експерименту. Вибір технології виготовлення.

Результати експериментальних досліджень різних технологій виготовлення меблевих заготовок з використанням обладнання з ЧПУ відображені на одному спільному графіку Рис.3.5.1.

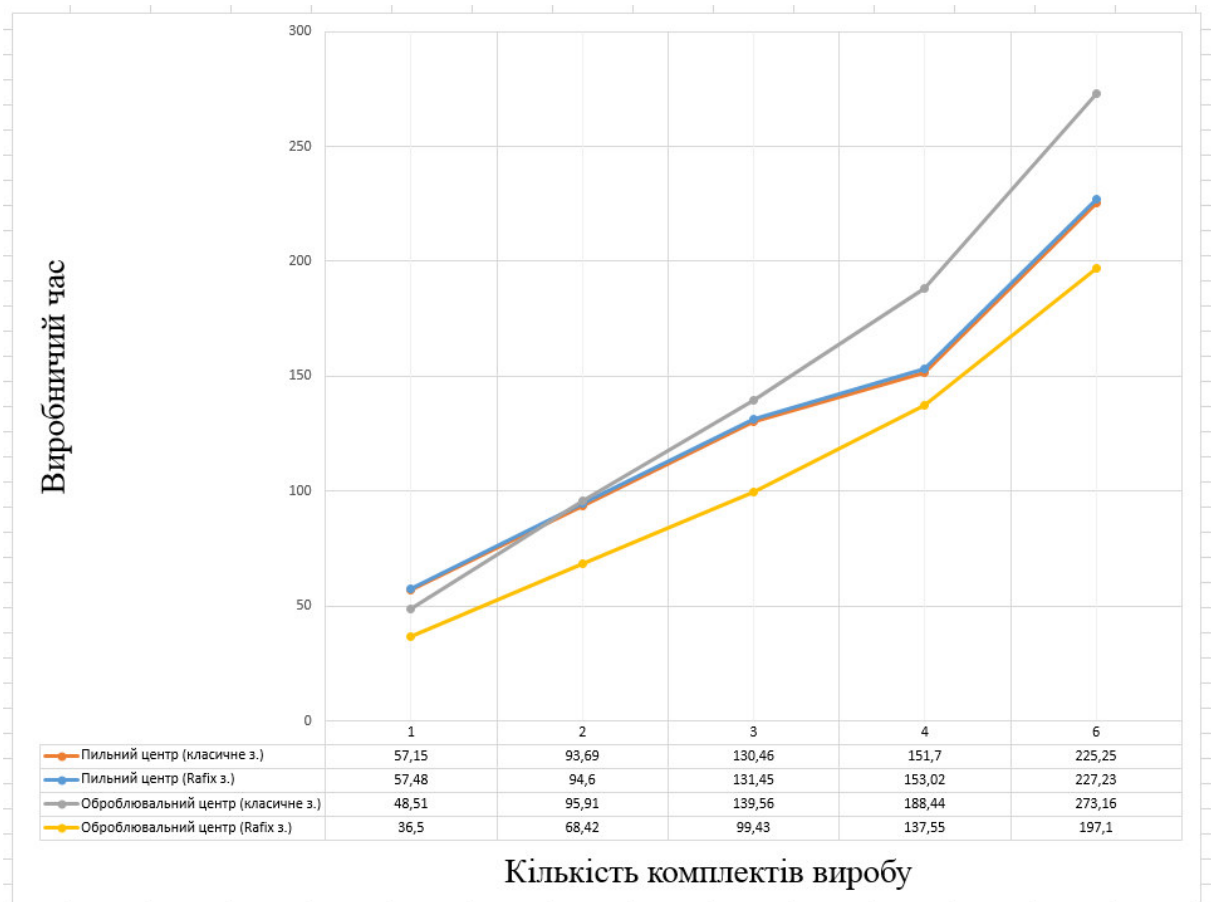


Рис. 3.5.1. Результати експериментальних досліджень

Як видно з графіку в умовах одиничного чи індивідуального виготовлення виробу перевагу мають технології з використанням оброблювального центру в порівнянні з технологією використання пильного центру. В умовах індивідуального виробництва виготовлення меблевих заготовок чи в умовах виробництва з надання послуг розкрою плитного матеріалу з подальшим свердлінням та личкуванням заготовок значну перевагу має технологія з використанням оброблювального центру з

точки зору економії виробничих годин на виготовлення меблевих заготовок. За такою технологія витрати на оплату праці операторів обладнання будуть найменші, а отже є можливість впливати на собівартість продукції, що виготовляється чи вартості послуг, що надаються.

Потрібно розуміти, що отримані результати це є час, що пов'язаний з оплатою праці працівників, а не час фактичного виготовлення. Фактичний час буде інший, адже верстати працюють паралельно і одночасно, а не по чергово.

Як вже було наведено в розділі 1 одною з відмінностей запропонованих технологій для аналізу є можливість паралельної роботи обладнання для розкрою та окремого обладнання для свердління.

За умов замовлення двох і більше комплектів виробу три технології демонструють майже рівний виробничий час, і лише четверта технологія з впровадження меблевої фурнітури «Rafix» має переваги в значеннях.

За умов дрібно серійного та серійного виробництва варто надавати перевагу впровадженню технології використання пильної станції з подальшим свердлінням на верстатах з ЧПУ у порівнянні з розкромом плитних матеріалів на обробному центрі. Тільки впровадження меблевої фурнітури типу «Rafix» робить використання технології виготовлення меблевих заготовок на обробному центрі ефективною та менш затратною, з точки зору виробничого часу на виготовлення виробу. І ця тенденція спостерігається навіть для серійного виробництва виробу аж до 50 комплектів.

Вибір певної технології виготовлення меблевих заготовок слід проводити за результатами аналізу експериментальних досліджень та інформацією наведеній в розділі 1, що наведено в описовій формі в таблиці 3.5.1. Врахування всіх відмінностей технологічних процесів виготовлення меблевих заготовок дає розуміння ризиків та наслідків помилкового впровадження на виробництві дорого вартісного обладнання з ЧПУ.

Таблиця 3.5.1 Критерії порівняння

	Критерії порівняння	Оброблювальний центр + Свердильний верстат з ЧПУ + Крайколичкувальний верстат без прифугувального агрегата	Пильний центр + Свердильний верстат з ЧПУ + Крайколичкувальний верстат з прифугувальним агрегатом
1	Пакетний чи одиничний розкрій матеріалу	-	+
2	Простір, м ²	50,16	49,21
3	Автоматизація маркування заготовок	Відбувається паралельно розкрою, не впливає на час розкрою	Відбувається в процесі розкрою, збільшує час розкрою
4	Відмінності в кількості кваліфікованого персоналу (за умов використання мебл.фурн. Rafix)	-	+1
5	Витрати на виробництво: додаткові розхідні плитні матеріали (підкладка)	+	-
6	Матеріал для розкрою (ДСП, МДФ, Фанера, Текстура плита)	+/-	+
7	Концепція виробництва	Розкрій та сверління відбувається за одне базування	Паралельна обробка
8	Витрати матеріалу пов'язані з інструментом розкрою	Ø10 мм або Ø12мм	4мм або 5мм +4 мм фугування
9	Програмне забезпечення.	однотипність	різний тип
10	Форма і розміри деталей	Прямолінійні, криволінійні, обмеження з мінімальним розмірами	Прямолінійні

3.6 Висновки до 3-го розділу

Аналіз отриманих даних надав можливість провести розрахунок виробничого часу за кожною з досліджуваних технологій. Суттєвий вплив на результати аналізу для серійного виробництва мають методи з'єднання меблевих заготовок та впроваджена фурнітура для подальшого поєднання заготовок у виробі. При впровадженні нових технологій в сфері меблевої фурнітури технологія з використанням обробного центру отримує суттєве зниження показників виробничого часу. Інша ситуація з технологією з використанням пильного центру, яка демонструє майже рівні показники при використанні різної фурнітури, що говорить про те, що за даною технологією для серійного виробництва елементи меблевого з'єднання заготовок не мають важливого значення.

В умовах серійного виробництва варто відмовитись від використання технології розкрою меблевих заготовок на оброблювальних центрах, якщо для поєднання деталей в виробі необхідне свердління заготовок в торець. Таких технологічний процес є трудомістким і найбільш затратним з точки зору виробничого часу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

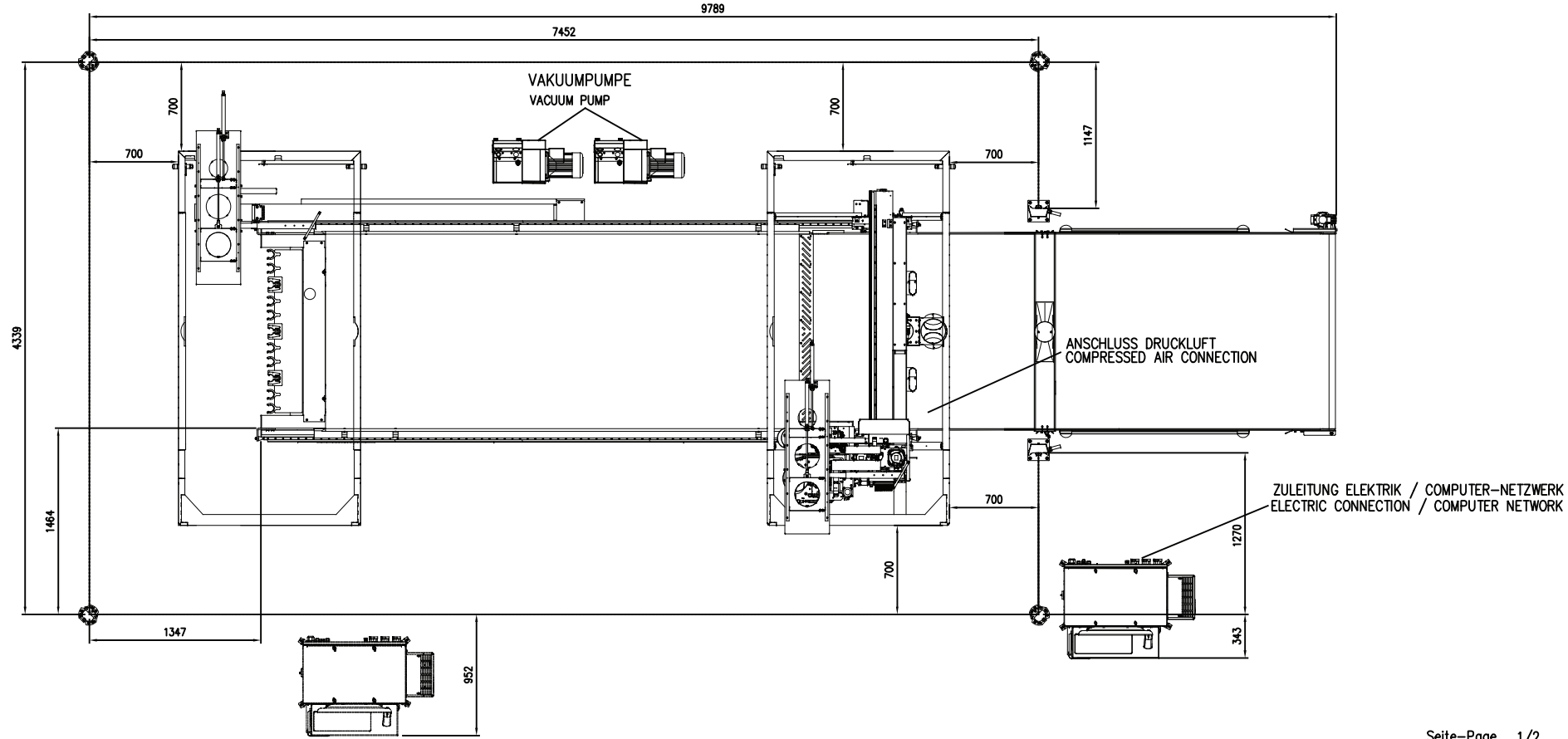
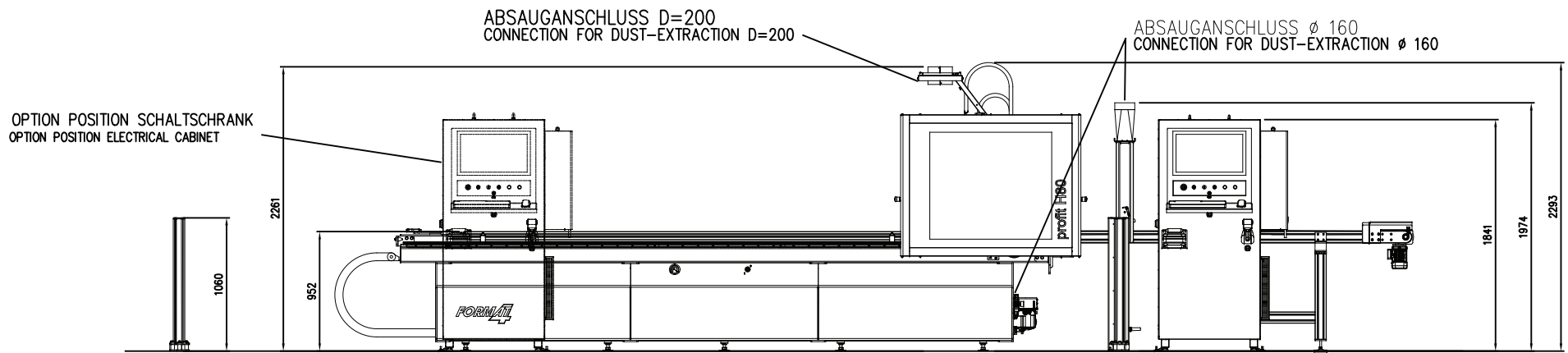
1. Аналіз літературних джерел по темі магістерської роботи показав, що критеріїв вибору обладнання з ЧПУ для потреб виробництва полягають в порівнянні технічних характеристик певного типу обладнання окремо від технологічного процесу самого виробництва, а вибір обладнання з точки зору комплексного підходу до вимог технології виготовлення є мало вивчений і вимагає додаткових наукових досліджень. Адже наявність серійності виготовлення певної продукції має важливий вплив на обрання правильної технології розкрою плитних матеріалів та виготовлення меблевих заготовок з допомогою обладнання з ЧПУ. На даний час обрання технології проводиться без врахування виробничого часу на виготовлення продукції.

2. Результати експерименту, по розрахунку виробничого часу в умовах різної серійності виявили важливий фактор впливу з'єднання меблевих заготовок готової продукції. Вплив обраної меблевої фурнітури для поєднання меблевих заготовок має вплив на обрання певної технології виготовлення самих меблевих заготовок.

3. В розділі 3 виведено коефіцієнт норми впливу фактичного часу розкрою плитних матеріалів від довжини метрів розкрою, що становить 0,52 хв./м. Він дає можливість проводити розрахунки норм часу розкрою на пильному центрі та планувати завантаження виробничого обладнання.

Обробку та аналіз експериментальних досліджень який детально поданий у вигляді таблиць з нормами виробничого часу для чотирьох варіантів можливого виготовлення меблевих заготовок виробу «Стіл демонстраційний для кабінету хімії» в умовах індивідуального виробництва встановив перевагу в 16% економії виробничого часу при використанні технології з розкрою меблевих заготовок на оброблювальному центрі за умов використання як класичної меблевої фурнітури так і перевагу в 36% економії виробничого часу з використанням меблевої фурнітури "Rafix". За умов дрібносерійного та серійного виробництва даного виробу варто використовувати технологію з розкромом меблевих заготовок на пильному центрі.

Додатки



FELDER KG
 KR-Felder-Strabe 1 A-6060 Hall i. Tirol
 Austria
 Tel. +43 (0)5223-5850-0
 Fax. +43 (0)5223-5850-61
 www.felder-group.com

Beschreibung AUFSTELLMASSE H80 16.38 (5x12) ABSCHIEBE- UND ENTLADEEINHEIT + 50 m/min VERFAHRGESCHWINDIGKEIT
 Description LAY OUT H80 16.38 (5x12) WITH CLEARING-OUT AND DOWNLOAD UNIT + 50 m/min MOVING SPEED

Ersteller/Des. D. Zigala	Datum/Date 23-03-2018	Maßstab/Scale 1:40
Rev. Ersteller/ Rev. Des.	Rev. Datum/Rev. Date	Rev.

Zeichnungsnummer/Drawing number
306-005-013

Diese Zeichnung ist urheberrechtlich geschützt und darf ohne Erlaubnis weder 3. Personen oder Konkurrenzfirmen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen werden dem Gesetz entsprechend gerichtlich verfolgt.

This design is protected by copyright, it is prohibited reproduction and transmission to third parties without permission. Any form of violation will be punishable by law.

TECHNISCHE DATEN TECHNICAL DATA	
MIN ANSCHLUSSLEISTUNG MIN Installed power	18,5 kW
ANSCHLUSS DRUCKLUFT Compressed air connection	Di=16mm
DRUCK VERSORGUNGSLEITUNG Compressed air supply-pressure	8 bar
ARBEITSDRUCK Working air pressure	6 bar
DRUCKLUFT VERBRAUCH Compressed air consumption	350 NI/min
ANSCHLUSS ZENTRALABSAUGUNG conn. central dust-extraction	∅ 200 mm
VOLUMENSTROM Air consumption chip extraction	2260 m ³ /h
LUFTGESCHWINDIGKEIT Chip extraction air speed	20 m/s
ANSCHLUSS UNTER-/OBERTISCHABSAUGUNG Conn. dust-extraction down-loading	∅ 160 mm
VOLUMENSTROM bei 15m/s Air consumption with 15m/s	1085 m ³ /h
UNTERDRUCK Chip extraction air pressure	1000 pa
VAKUUMPUMPE Vacuum pump capacity	1 * 250 m ³ /h
MASCHINENGEWICHT Machine weight	3350 kg
VERFAHRWEG X ACHSE X Axis stroke	4490 mm
VERFAHRWEG Y ACHSE Y axis stroke	1930 mm
VERFAHRWEG Z ACHSE Z Axis stroke	225 mm
GESCHW. X ACHSE X Axis speed	50 m/min
GESCHW. Y ACHSE Y Axis speed	25 m/min
GESCHW. Z ACHSE Z Axis speed	15 m/min

AUSSTATTUNGSABHÄNGIGE BEDARFSÄNDERUNG REQUIREMENTS DEPENDING ON OPTIONS

KLIMAGERÄT SCHALTSCHRANK A/C UNIT WIRING CABINET	+0,9Kw
Vakuumsystem 500m ³ /h anstelle 250m ³ /h vacuum-system 500m ³ /h instead of 250m ³ /h	+ 5,5 kW
Vakuumsystem 750m ³ /h anstelle 250m ³ /h vacuum-system 750m ³ /h instead of 250m ³ /h	+ 11 kW
Elektrospindel 12kw(S6) anstelle 10kw(S6) electro-spindel 12kw (S6) anstelle 10kw (S6)	+2Kw
Kaltluftdüse cold air nozzle	+230NI/min



ELEKTRISCHE NETZVORAUSSETZUNGEN ELECTRIC SYSTEM REQUIREMENTS

Die el. Zuleitung für die Maschine muss an ein 400 V Versorgungsnetz mit N-Leitern angeschlossen sein. Muss auf Grund lokaler oder nationaler Vorschriften ein FI Schutzschalter verwendet werden, dann muss ein FI TYP B (geeignet für Frequenzumrichter) mit einem Auslösestrom von 0,3A verwendet werden.
(z.B. EATON FRCDM-xx63/4/03-G/Bfq)
Verlangen die Vorschriften einen Typ B+, dann ist das mit der Fa. FORMAT4 zu klären.

The power supply for the machine has to be a 3*400 V system with neutral wire. If local or national regulations require the use of a RCD device a type B device (designed for the use with frequency inverter) with 0,3A tripping-current shall be used.
(e.g. EATON FRCDM-xx63/4/03-G/Bfq)
If the regulations require a type B+ this has to be confirmed with the company FORMAT4

Anforderungen an Maschinenfundament

(gilt auch bei Aufstellung auf einer Decke)
Der Aufstellbereich der Maschine muss statischen Mindestanforderungen entsprechen um die statischen und dynamischen Belastungen der Maschine aufnehmen zu können und einen problemslosen Betrieb der Maschine in Bezug auf Genauigkeiten und Vibrationen zu gewährleisten.
Dies gilt für Fundamente, Bodenplatten und Decken.
Die Nichtbeachtung dieser Mindestanforderungen führt zu Gewährleistungsverlust für die Genauigkeit und das Vibrationsverhalten der Maschine.

- Betonfestigkeitsklasse: > C25/30 XC1 zug-/druckbelastbar (Bewehrung erforderlich)
- Mindest Tragfähigkeit des Hallenbodens im Bereich des Maschinenbettes: 11 kN/m²
- Betondicke: mind. 200 mm
- Bodenebenheit: +- 10 mm
- Änderung der Höhenlage der Auflagepunkte zueinander nach der Maschinenaufstellung: max. 0,05 mm zulässig

Weiters zu beachten :
- Bei Beton Abbindezeit von 28 Tagen bis zur Erreichung der Normfestigkeit beachten
- Bei Schwingungserregern im Umfeld ist ein eigens Fundament erforderlich das konstruktiv vom umgebenen Boden getrennt ist

Requirements for the machine base

(also applies if the machine is installed on the floor of a ceiling)
To be able to guarantee an accurate and vibration-free operation of the machine, it is necessary that minimum static requirements need to be observed for the area where the machine is to be installed so as to be able to support the static and dynamic load of the machine. This applies to foundations, base plates and ceilings.
Should these minimum requirements not be observed, Felder will not guarantee that the machine will be able to operate accurately and without any vibrations!

- Strength of concrete > C25/30 XC1 tension/compression load (reinforcement is required)
 - Minimum bearing capacity of the factory floor where the machine base is to be installed: 11 kN/m²
 - Thickness of concrete: min. 200 mm
 - Levelness of the floor: ±10 mm
 - The height of the support points onto which the workpiece rests may not differ by more than 0.05 mm.
- Also to be observed:
- Observe the setting time of 28 days until the concrete has reached the standard resistance.
 - If there are any other vibration producing machines on the workshop floor it is necessary to add a foundation to separate the machine from the surrounding floor.



FELDER KG
KR-Felder-Straße 1 A-6060 Hall i. Tirol
Austria
Tel. +43 (0)5223-5850-0
Fax. +43 (0)5223-5850-61
www.felder-group.com

Beschreibung AUFSTELLMASSE H80 16.38 (5x12) ABSCHIEBE- UND ENTLADEEINHEIT + 50 m/min VERFAHRGESCHWINDIGKEIT

Description LAY OUT H80 16.38 (5x12) WITH CLEARING-OUT AND DOWNLOAD UNIT + 50 m/min MOVING SPEED

Diese Zeichnung ist urheberrechtlich geschützt und darf ohne Erlaubnis weder 3. Personen oder Konkurrenzfirmen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen werden dem Gesetz entsprechend gerichtlich verfolgt.

This design is protected by copyright, it is prohibited reproduction and transmission to third parties without permission. Any form of violation will be punishable by law.

Ersteller/Des.

D. Zigala

Rev. Ersteller/ Rev. Des.

Datum/Date

23-03-2018

Rev. Datum/Rev. Date

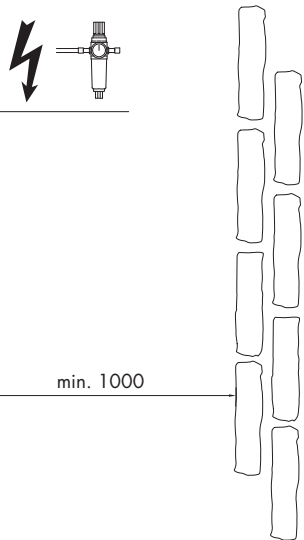
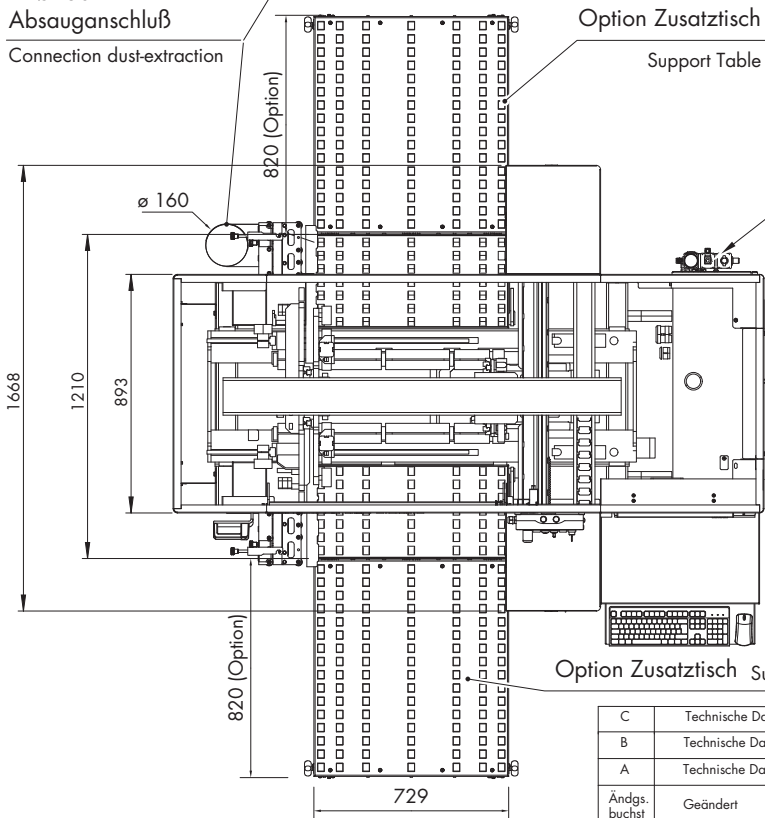
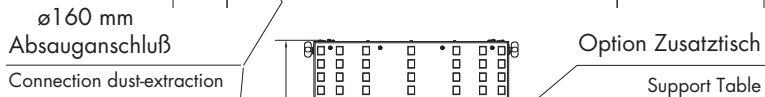
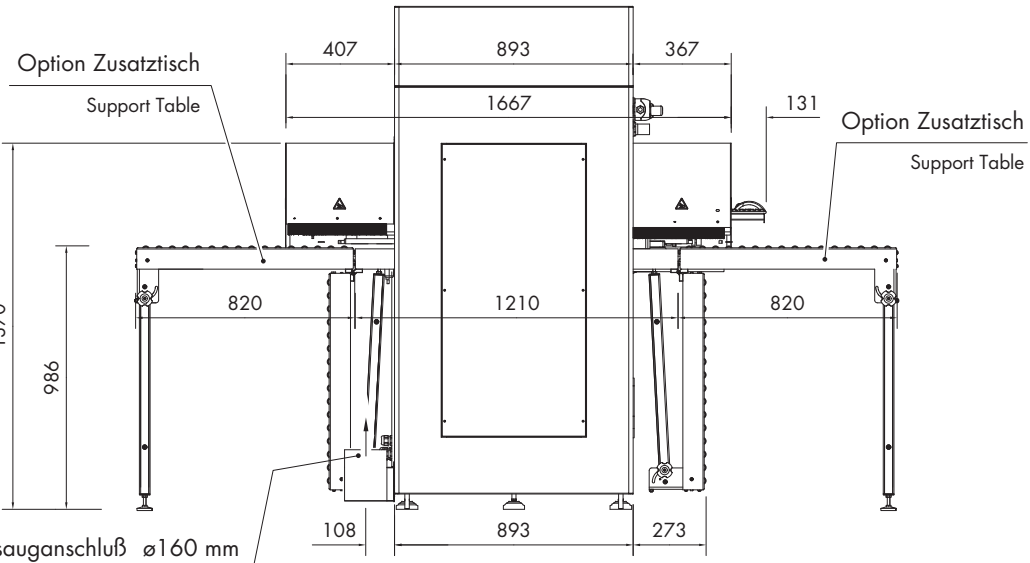
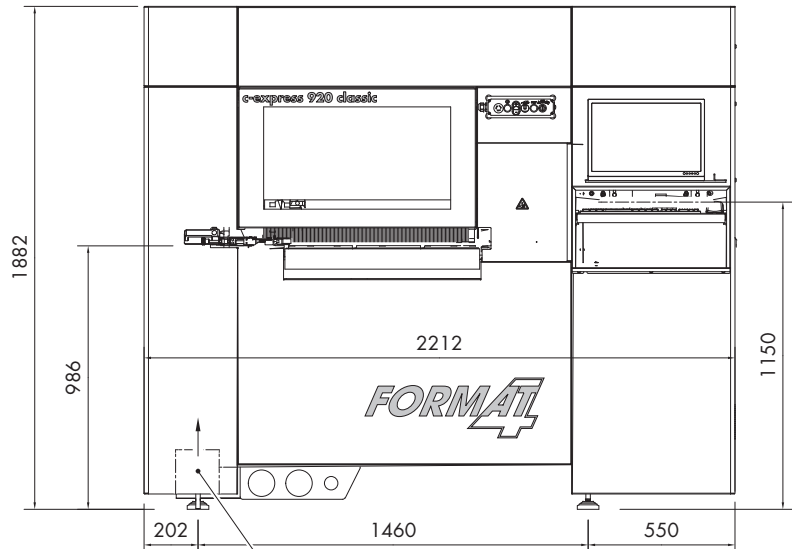
Maßstab/Scale

1:40

Rev.

Zeichnungsnummer/Drawing number

306-005-013



Die el. Zuleitung für die Maschine muss an ein 400 V Versorgungsnetz mit N-Leitern angeschlossen sein. Die Maschine entspricht den gesetzlichen Bestimmungen inkl. der aktuell gültigen EMV-Richtlinie. Die Maschine kann mit einem Fehlerstromschutzschalter Typ B mit einem Auslösestrom von 300mA verwendet werden. Um Fehlauslösungen zu vermeiden, darf nur eine Maschine / Verbraucher an diesen Fehlerstromschutzschalter angeschlossen werden.

The power supply for the machine has to be a 400 V connection and neutral wire. The machine complies with all of the legal requirements incl. the current valid EMC directives. The machine can be fused with a type B residual current circuit breaker that has a trip current of 300 mA. In order to avoid incorrect triggering, only one machine / electric device may be connected to the RCD unit.

TECHNISCHE DATEN / TECHNICAL DATA

MIN ANSCHLUSSLEISTUNG MIN Installed power	2,7 / 6,4 kW	MASCHINENGEWICHT Machine weight	650 kg
ANSCHLUSS DRUCKLUFT Compressed air connection	5/8" (DI = 16 mm)	WERKSTÜCKLÄNGE MIN Workpiece length min	270 mm* 400 mm
DRUCK VERSORGNUNGSLIENUNG Compressed air supply-pressure	8 bar	* Siehe Bedienungsanleitung (eingeschränkte Bearbeitung) * see users manual (limited operating possibilities)	
KOMPRESSOR VOLUMENSTROM Compressor effective flow rate	600 l/min	WERKSTÜCKBREITE MIN-MAX Workpiece width min-max	180 mm 920 mm
KOMPRESSOR VOLUMEN Volume compressor	100 l	WERKSTÜCKBREITE OPTIONAL Workpiece width - Optional	70-180 mm
ARBEITSDRUCK Working air pressure	6 bar	WERKSTÜCKLÄNGE MAX Workpiece length max	3000 mm
DRUCKLUFT VERBRAUCH bei 8 bar Compressed air consumption at 8 bar	550 l/min	WERKSTÜCKDICKE MIN-MAX Workpiece thickness min-max	10 mm 50 mm
ABSAUGANSCHLUSS Connection for dust-extraction	ø 160 mm	WERKSTÜCKGEWICHT MAX Workpiece weight max	25 kg
VOLUMENSTROM Air consumption chip extraction	1880 m ³ /h	GESCHW. X ACHSE X Axis speed	25 m/min
LUFTGESCHWINDIGKEIT Chip extraction air speed	26 m/s	GESCHW. Y ACHSE Y Axis speed	25 m/min
UNTERDRUCK Chip extraction air pressure	1500 Pa	GESCHW. Z ACHSE Z Axis speed	15 m/min

C	Technische Daten Kompressor	18.2.2020	KF
B	Technische Daten Absaugung ø 160 mm	25.04.2017	HG
A	Technische Daten	20.11.2016	HG
Ändgs. buchst	Geändert	Gez am	Gez

Bearbeitet	Tag	Name	Fertig Gewicht c-express 920 classic ca. 650 kg
	18.2.2020	KF	
Konstr. Gepr.			
Masstab	Z.Name	ON-Nr.	
1:20	Layout c-express 920 classic	Profil- / Modellnummer:	



FELDER KG
 KR-FELDER-STR. 1, A-6060 HALL in Tirol
 AUSTRIA, Tel: 05223 / 58500 - Fax: 56130
 www.felder-group.com

Diese Zeichnung ist Eigentum der Firma FELDER KG und darf ohne Erlaubnis weder veräußert, kopiert, noch dritten Personen oder Konkurrenzfirmen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen werden dem Gesetz entsprechend gerichtlich verfolgt.
 Fa. Felder KG, Maschinenbau

Absauganschluß
Connection dust-extraction $\varnothing 120$ mm

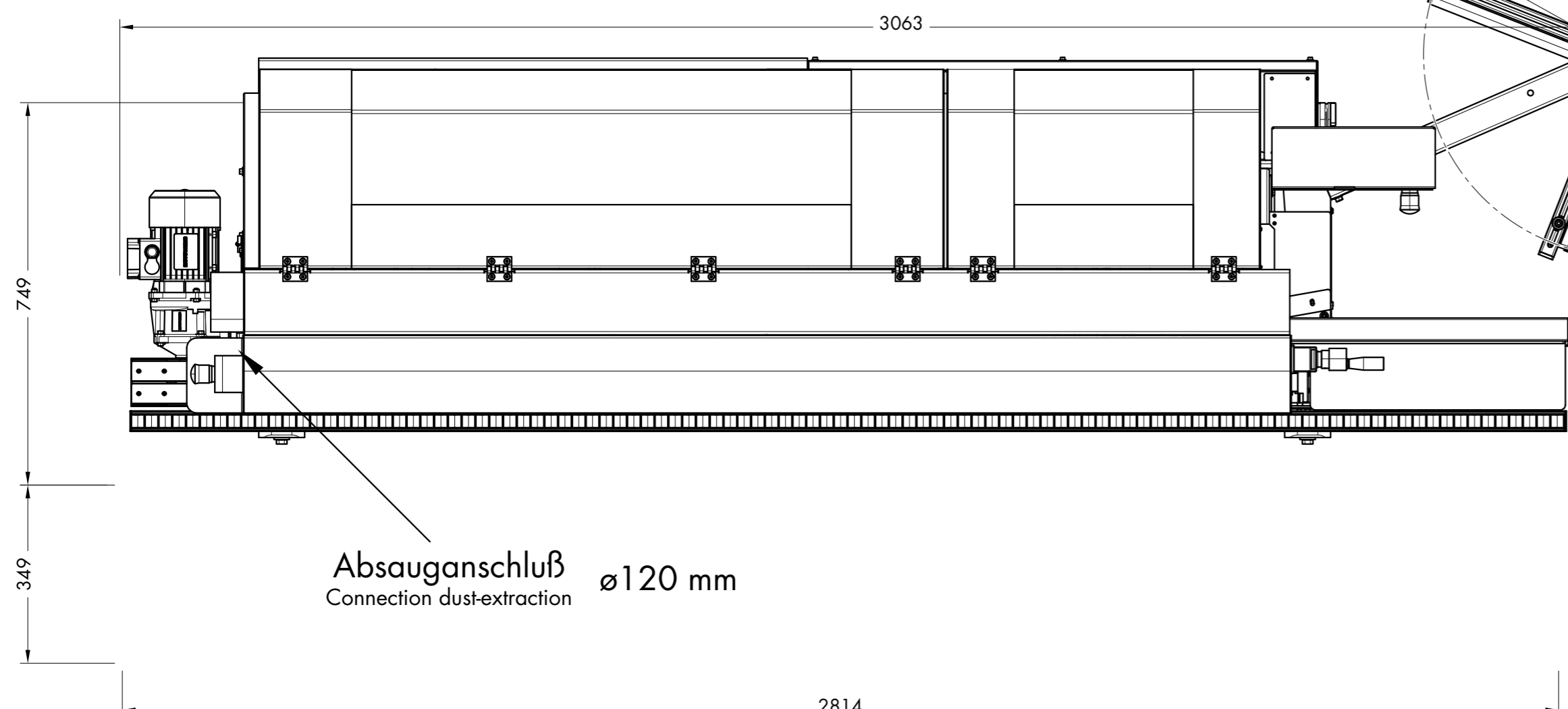
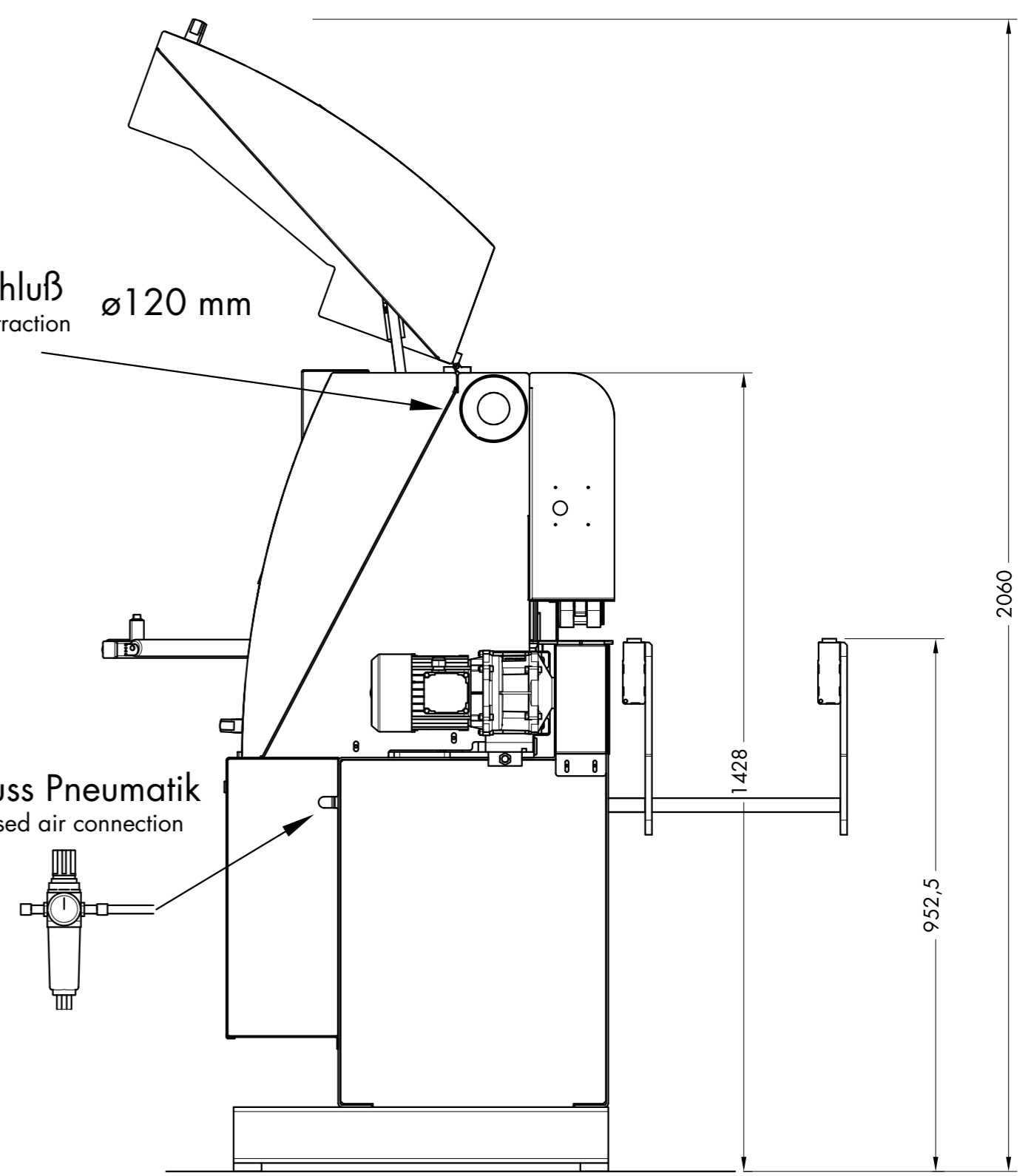
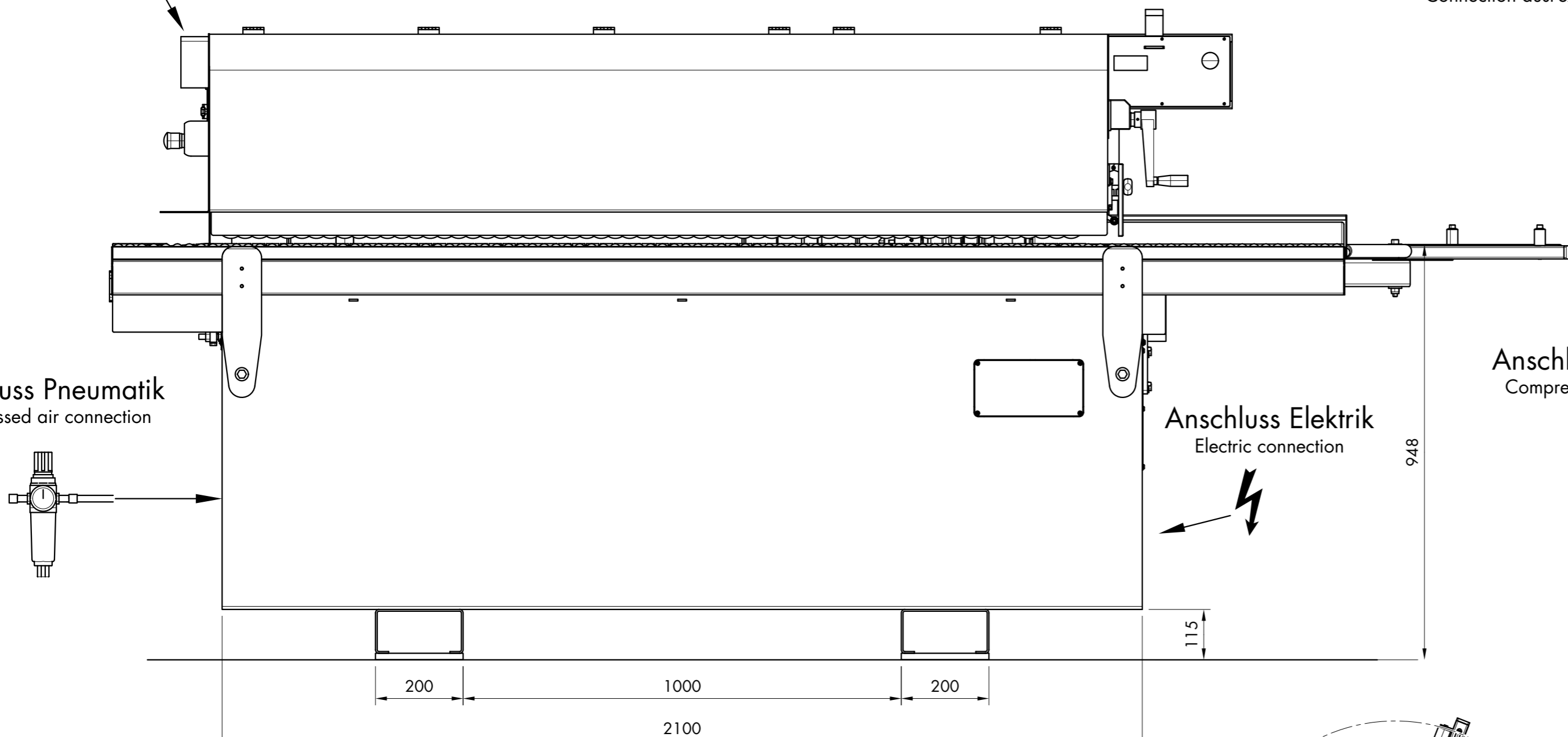
Absauganschluß
Connection dust-extraction $\varnothing 120$ mm

Anschluss Pneumatik
Compressed air connection

Anschluss Elektrik
Electric connection

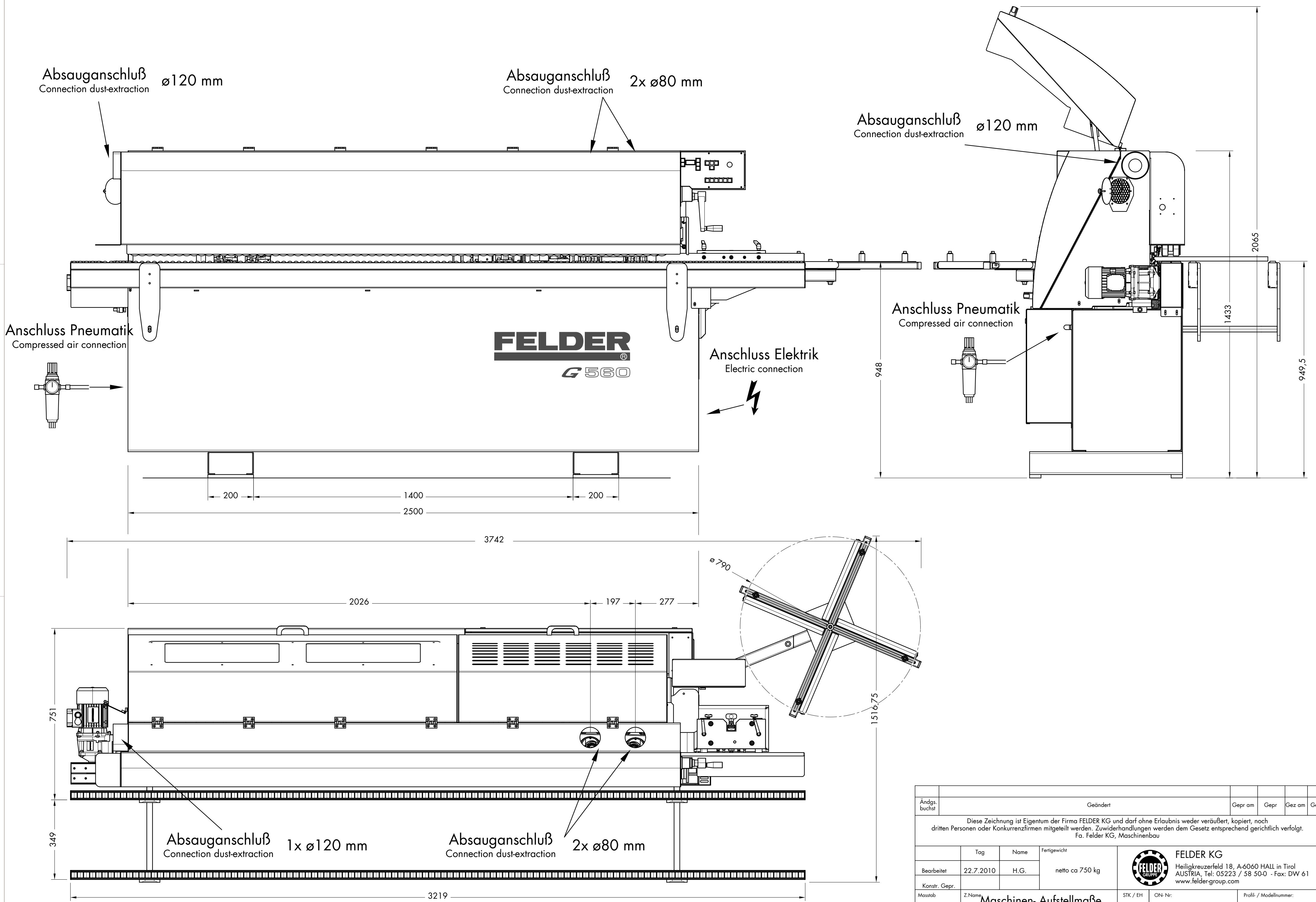
Anschluss Pneumatik
Compressed air connection

Absauganschluß
Connection dust-extraction $\varnothing 120$ mm



Ändgs. buchst	Geändert				Gepr am	Gepr	Gez am	Gez
Diese Zeichnung ist Eigentum der Firma FELDER KG und darf ohne Erlaubnis weder veräußert, kopiert, noch dritten Personen oder Konkurrenzfirmen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen werden dem Gesetz entsprechend gerichtlich verfolgt. Fa. Felder KG, Maschinenbau								
Bearbeitet	Tag	Name	Fertiggewicht					
Konstr. Gepr.	5.4.2011	H.G.	netto ca 750 kg					
Masstab	Z.Name	Layout - G 500		STK / EH	ON-Nr.	Profil- / Modellnummer:		
1:10								

FELDER KG
KR-FELDER-STR 1, A-6060 HALL in Tirol
AUSTRIA, Tel: 05223 / 58 50-0 - Fax: DW 61
www.felder-group.com



Ändgs. buchst	Geändert			Gepr am	Gepr	Gez am	Gez
Diese Zeichnung ist Eigentum der Firma FELDER KG und darf ohne Erlaubnis weder veräußert, kopiert, noch dritten Personen oder Konkurrenzfirmen mitgeteilt werden. Zuwiderhandlungen werden dem Gesetz entsprechend gerichtlich verfolgt. Fa. Felder KG, Maschinenbau							
Bearbeitet	Tag	Name	Fertiggewicht	FELDER KG			
Konstr. Gepr.	22.7.2010	H.G.	netto ca 750 kg	Heiligkreuzerfeld 18, A-6060 HALL in Tirol AUSTRIA, Tel: 05223 / 58 50-0 · Fax: DW 61 www.felder-group.com			
Masstab	Z.Name	STK / EH		ON-Nr.		Profil / Modellnummer:	
1:10	Maschinen- Aufstellmaße G 560						

Додаток 6. Дані з карт розкрою, що використовувались на пильному центрі на виробництві

Порядковий Номер карти крою	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Довжина різку на карті крою, м	24,53	20,66	24,53	25,74	22,77	23,34	25,22	23,24	27,71	24,22	26,61	32,89	32,89	32,9
Кількість поворотів матеріалу оператором на одній карті крою, шт	3	5	3	3	6	6	5	6	6	7	7	4	4	4
Кількість деталей на карті крою, шт	20	8	20	23	12	14	12	14	24	16	14	37	37	37
Кількість типорозмірів деталей в карті крою, шт	3	4	3	3	5	5	3	5	5	5	6	3	3	3
Кількість листів в пакеті, шт	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Час розкрою, хв	13	7	12	13	10	12	12	11	12	15	11	19	24	17
Співвідношення часу до ровжини різку, хв/м.	0,53	0,34	0,49	0,51	0,44	0,51	0,48	0,47	0,43	0,62	0,41	0,58	0,7	0,52

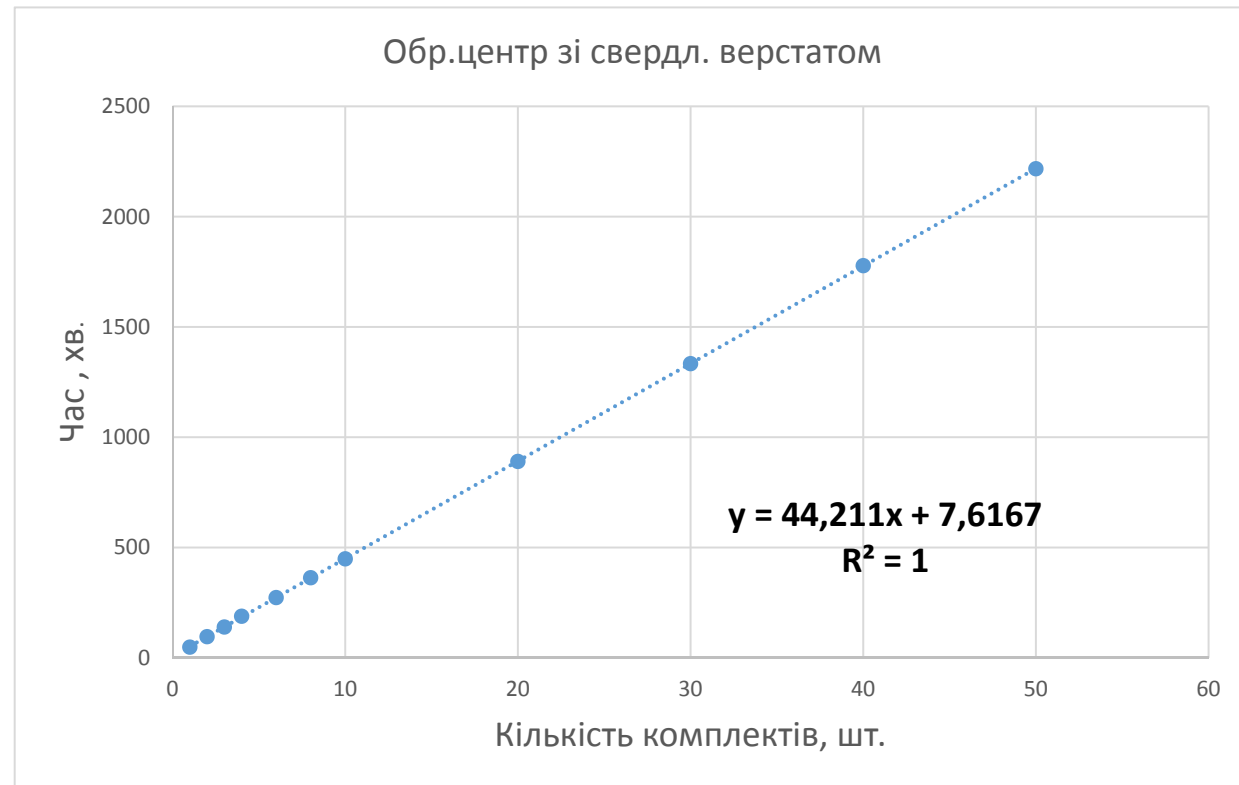
Порядковий Номер карти крою	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Довжина різку на карті крою, м	25,5	25,5	25,5	20,27	20,27	24,42	26,46	25,58	25,95	33,31	22,8	25,89	27,85	25,7
Кількість поворотів матеріалу оператором на одній карті крою, шт	6	6	6	6	6	11	8	4	5	10	5	8	7	3
Кількість деталей на карті крою, шт	20	20	20	10	10	15	20	16	20	32	12	17	16	23
Кількість типорозмірів деталей в карті крою, шт	1	1	2	2	2	6	4	4	5	8	3	6	6	3
Кількість листів в пакеті, шт	3	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Час розкрою, хв	15	10	13	12	10	20	15	10	12	29	9	15	13	12
Співвідношення часу до ровжини різку, хв/м.	0,59	0,39	0,51	0,59	0,49	0,82	0,57	0,39	0,46	0,87	0,39	0,58	0,47	0,47

Порядковий Номер карти крою	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
Довжина різку на карті крою, м	12,44	24,41	39,78	21,85	25,36	25,5	25,5	23,03	24,01	24,01	23,79	25,74
Кількість поворотів матеріалу оператором на одній карті крою, шт	3	10	10	8	6	6	6	4	3	3	3	3
Кількість деталей на карті крою, шт	4	12	28	11	20	20	20	16	17	17	16	23
Кількість типорозмірів деталей в карті крою, шт	3	8	9	3	2	1	1	3	3	3	4	3
Кількість листів в пакеті, шт	1	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3	2
Час розкрою, хв	5	12	20	12	15	15	12	9	16	18	13	11
Співвідношення часу до ровжини різку, хв/м.	0,40	0,49	0,50	0,55	0,59	0,59	0,47	0,39	0,67	0,75	0,55	0,43

Кількість комплектів, шт.	Час, хв.
1	48,51
2	95,91
3	139,56
4	188,44
6	273,16
8	363,17
10	448,68
20	890,4
30	1333,68
40	1777,9
50	2217,12

Результати

Регресивна статистика	
Множинний R	0,999997
R-квадрат	0,999993
Нормований R-квадрат	0,999992
Стандартна помилка	2,07135
Спостереження	11



Дисперсійний аналіз

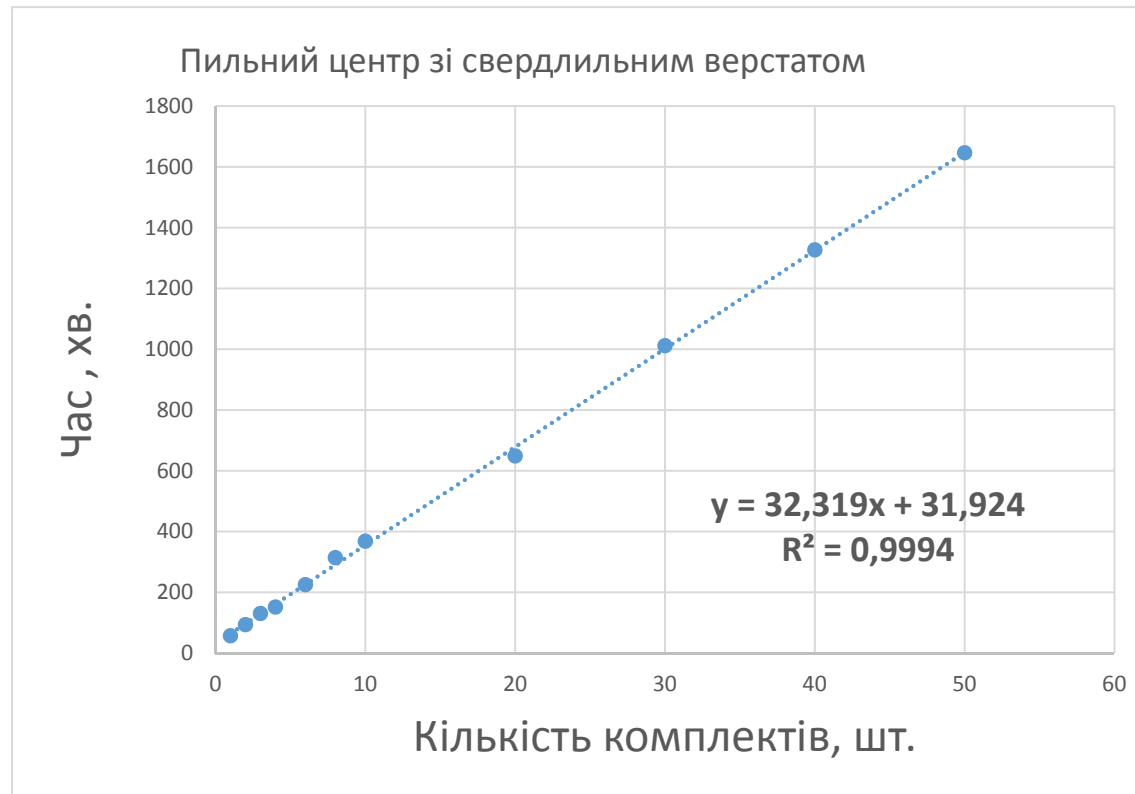
	df	SS	MS	F	Значущість F
Регресія	1	5624712,105	5624712,105	1310972,101	1,50553E-24
Залишок	9	38,61440598	4,290489553		
Всього	10	5624750,719			

Коефіцієнти	Стандартна помилка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні95%	
Y-перетин	7,61665	0,873561173	8,719080315	1,10584E-05	5,640517364	9,592782693
x	44,21119	0,038613171	1144,9769	1,50553E-24	44,12383973	44,29853785

Кількість комплектів, шт.	Час, хв.
1	57,15
2	93,69
3	130,46
4	151,7
6	225,25
8	314,32
10	368,39
20	648,87
30	1011,68
40	1326,81
50	1646,37

Результати

Регресивна статистика	
Множинний R	0,999689
R-квадрат	0,999377
Нормований R-квадрат	0,999308
Стандартна помилка	14,42734
Спостереження	11



Дисперсійний аналіз

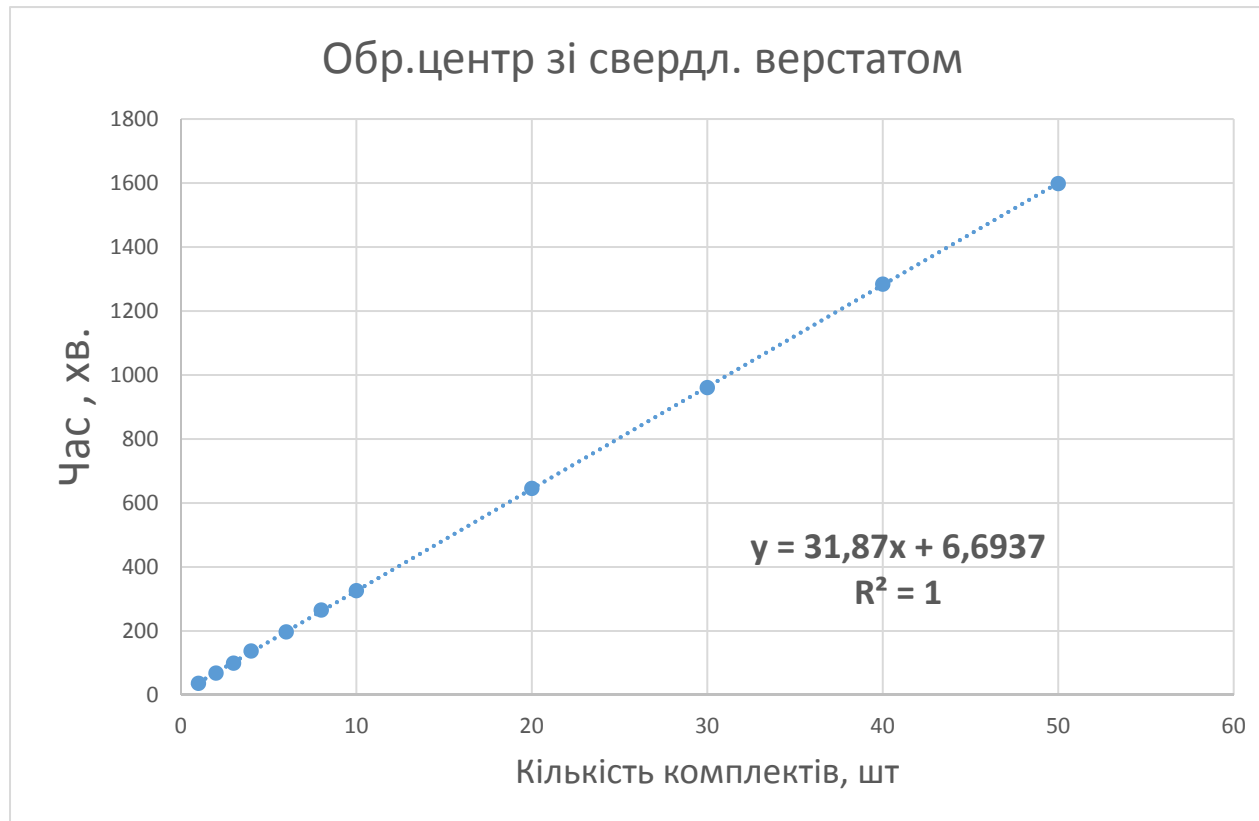
	df	SS	MS	F	Значущість F
Регресія	1	3005762,177	3005762,177	14440,49466	9,71951E-16
Залишок	9	1873,333305	208,148145		
Всього	10	3007635,51			

Коефіцієнти		Стандартна помилка	t-статистика	P-Значення	Нижні 95%	Верхні95%
Y-перетин	31,92413	6,084517868	5,246780076	0,000529961	18,15999145	45,6882628
x	32,31911	0,268947998	120,1686093	9,71951E-16	31,71070427	32,92750955

Кількість комплектів, шт.	Час, хв.
1	36,5
2	68,42
3	99,43
4	137,55
6	197,1
8	265,54
10	325,98
20	645,57
30	960,72
40	1284
50	1598,27

Результати

Регресивна статистика	
Множинний R	0,99999
R-квадрат	0,999979
Нормований R-квадрат	0,999977
Стандартна помилка	2,593615
Спостереження	11



Дисперсійний аналіз

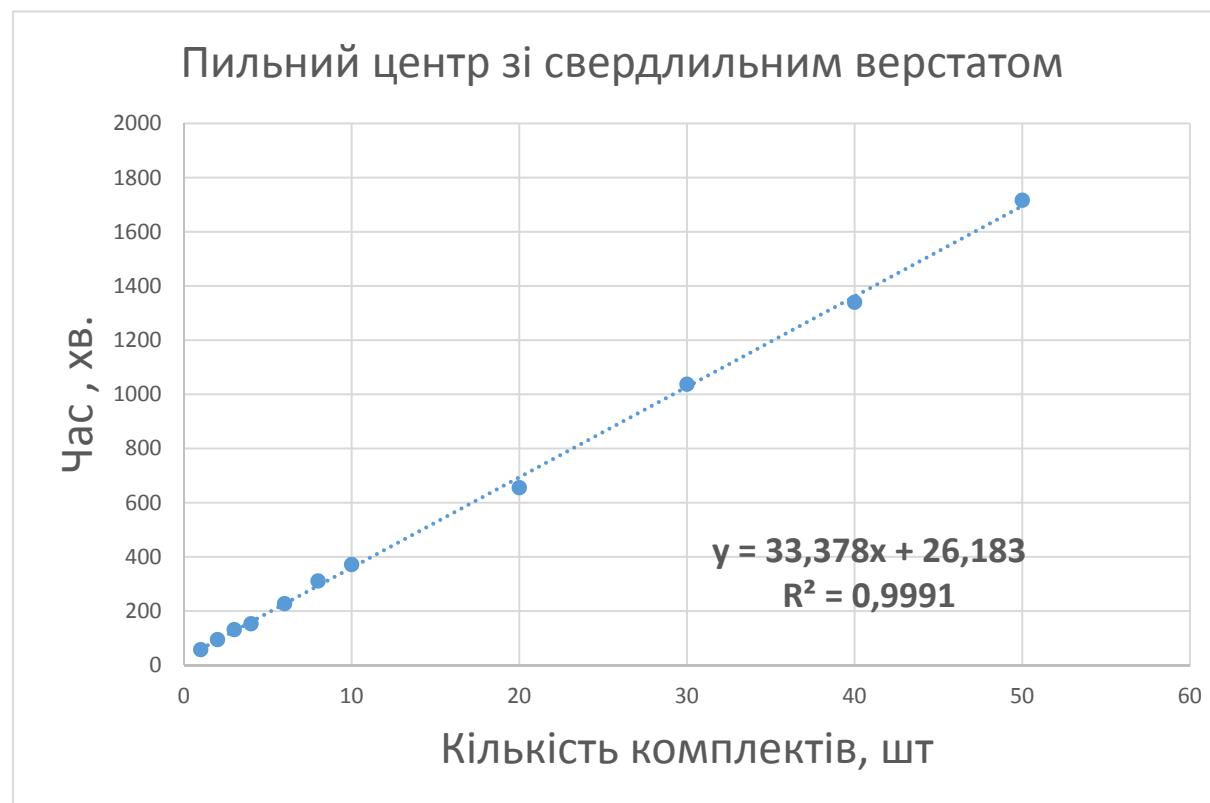
	df	SS	MS	F	Значущість F
Регресія	1	2922879,635	2922879,635	434510,198	2,16688E-22
Залишок	9	60,54154042	6,726837825		
Всього	10	2922940,177			

Коефіцієнти		Стандартна помилка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні95%
Y-перетин	6,693679	1,093818784	6,119549803	0,000175047	4,219288527	9,168068521
x	31,8704	0,048349003	659,1738754	2,16688E-22	31,76102659	31,97977268

Кількість комплектів, шт.	Час, хв.
1	57,48
2	94,6
3	131,45
4	153,02
6	227,23
8	311,07
10	371,68
20	655,47
30	1037,38
40	1340,01
50	1716,46

Результати

Регресивна статистика	
Множинний R	0,999531
R-квадрат	0,999063
Нормований R-квадрат	0,998959
Стандартна помилка	18,27969
Спостереження	11



Дисперсійний аналіз

	df	SS	MS	F	Значущість F
Регресія	1	3206017,855	3206017,855	9594,627669	6,11052E-15
Залишок	9	3007,324691	334,1471879		
Всього	10	3209025,179			

Коефіцієнти		Стандартна помилка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні95%
Y-перетин	26,18319	7,709190964	3,396360708	0,007918861	8,743791718	43,62259484
x	33,37836	0,340761835	97,95217031	6,11052E-15	32,60750452	34,14921817

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Є.В. Кривенок , В.І.Ступа Аналіз технологічних аспектів віртуальних підприємств УДК 658.115.3:658.511.
2. Сайт TOMAS for industry Режимдоступу: <https://www.thomasnet.com/articles/custom-manufacturing-fabricating/understanding-cnc-machining/>
3. Сайт Felder Group. Режим доступу: <https://www.felder-group.com/uk-ua/produkcija/obrobchi-centri-z-chpk-c1953/5-axes-cnc-machining-centre-profit-h500r-p583526>
4. Philip Neil Ashley A dissertation submitted in total fulfillment of the requirements of the Master of Philosophy 2016.
5. Сайт Woodworking Canada.Режимдоступу: https://www.woodworkingcanada.com/r5/showkiosk.asp?listing_id=4232756
6. Сайт GibLab. Режим доступу: <https://giblab.com/#home>
7. Методичні вказівки: Застосування методів математичного планування для дослідження технологічних процесів деревообробного та меблевого виробництва. – Львів: НЛТУ України, каф. ТМВД, 2021. – 50 с.
8. Кійко О.А. Статистичні методи підвищення якості продукції дереоброблення. – Івано-Франківськ: Фоліант. – 176 с.
9. Лісотехнічний термінологічний словник: український, російський, англійський. за ред.: Туниці Ю. Ю., Богуслаєва В. О. Національний лісотехнічний університет України, Львів: Піраміда, 2014. 968 с. - ISBN 978-966-441-368-5
10. Green, R., (2013). Furnishing International (Autumn 2013) pp. 42.
11. Бехта П.А. Технологічні розрахунки у виробництві деревинно-стружкових плит: Навч. посібник. – К.: ІСДО, 1994. – 160с.

12. Прокопович Б.В. Основи проектування столярно-меблевих виробництв. Навчальний посібник. – К.: ІЗИН Міністерства освіти України, 1993. – 303 с.

13. Кіндрат Р.Я. Організація виробництва деревообробних підприємств. – Львів: „Панорама”, 2002. — 160 с.

14. При розробці даного проекту використовувались дані по ТзОВ «Будівельна Зірка».