

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА МАШИН

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено
Завідувач кафедри

_____ В.Б.Струтинський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“_19_” _____ грудня _____ 2018 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування**

на тему _____ Машина декоративної обробки бетону методом "старіння"
поверхні.

Виконав (-ла): студент (-ка) _____ II курсу, групи МВ – 71мп

_____ Берновський Олександр Дмитрович

(прізвище ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник _____ Гейчук В.М. д.т.н проф.

(посада, науковий ступінь тачене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Консультант з розділу _____ Гейчук В.М. д.т.н проф.

(посада, науковий ступінь тачене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент:

_____ Директор Кісанов А.Ю

(посада, наукова ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ - 2018

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського”
Механіко-машинобудівний інститут
Кафедра конструювання верстатів та машин

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Спеціалізація «Металорізальні верстати та системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.Б.Струтинський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ

Берновський Олексій Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Машина декоративної обробки бетону методом "старіння" поверхні

науковий керівник дисертації Гейчук Володимир Миколайович, д.т.н., проф.

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

затверджені наказом по університету від “15” листопада 2018 року № 934-с

2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження процеси і обладнання декоративної обробки бетону

4. Предмет дослідження обладнання для штучного «старіння» будівельних виробів із бетону

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1. Аналіз методів штучного «старіння» будівельних виробів із бетону та обладнання для їх реалізації. Вибір прототипу для реалізації. 2. Аналіз технічних, технологічних та конструктивних параметрів прототипу з точки зору максимізації продуктивності та якості. 3. Визначення основних технічних параметрів та розробка компоновки машини декоративної обробки бетону. 4. Розрахунок вузлів машини: приводу подачі виробів в робочу зону; приводу вертикального переміщення вібраційного стола; вібратора; аналіз напружено-деформованого стану вібростала методом скінченних елементів.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1. Плакат з результатами патентно-інформаційного аналізу. 2. Плакат з результатами аналізу технічних,

технологічних та конструктивних параметрів прототипу.
3. Лист з компоновкою машини декоративної обробки бетону та її технічними характеристиками. 4. Креслення: загального виду машини; вібраційного стола з вібратором; рами з кулачками; рами (станіни) машини.

7. Орієнтовний перелік публікацій _____

8. Консультанти розділів проекту

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

9. Дата видачі завдання 01.02.2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Аналіз методів штучного «старіння» будівельних виробів із бетону та обладнання для їх реалізації. Вибір прототипу для реалізації.	01.02.2018 р.- 15.03.2018 р.	
2.	Аналіз технічних, технологічних та конструктивних параметрів прототипу з точки зору максимізації продуктивності та якості.	16.03.2018 р.- 16.04.2018 р.	
3.	Визначення основних технічних параметрів та розробка компоновки машини декоративної обробки бетону.	17.04.2018 р.- 18.05.2018 р.	
4.	Розробка та розрахунок вузлів машини	19.05.2018 р.- 15.11.2018 р.	
5.	Плакати та оформлена дисертація	10.12.2018 р.	

Студент _____ **Берновський О.Д.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Науковий керівник дисертації _____

Гейчук В.М. _____

Зміст

1. Вступ	1
2. Аналіз методів штучного «старіння» будівельних виробів із бетону та обладнання для їх реалізації.....	2
3. Аналіз технічних, технологічних та конструктивних параметрів прототипу з точки зору максимізації продуктивності та якості.....	18
4. Визначення основних технічних параметрів та розборка компоновки машини декоративної обробки бетону.....	26
4.1. Компонування машини.....	26
4.2. Будова машини.....	27
4.3. Робота машини.....	28
5. Розрахунок вузлів машини	38
5.1 Розрахунок приводу подачі виробів в робочу зону.....	38
5.2 Розрахунок приводу рами кулачків.....	43
5.3 Розрахунок вібратора.....	49
5.4 Аналіз напружено-деформованого стану вібростола методом скінчених елементів.....	50
5.5 Розрахунок та вибір пружини.....	58
5.6 Аналіз напружено-деформованого стану каркаса методом скінчених елементів.....	60
5.7 Висновки.....	70
6. Література.....	72

РЕФЕРАТ

Загальний об'єм виконаної роботи складає сторінок, рисунків, таблиць, перелік посилань з найменувань.

Графічна частина проекту та частина розрахунків виконана з використанням пакетів КОМПАС 3D, Microsoft Excel. Текстова частина оформлена за допомогою текстового редактора Microsoft Word.

Зміст цієї роботи полягає в проектуванні машини для обробки бетонних виробів методом «старіння» верхній їх частині, була поставлена задача реалізувати обладнання, яке змогло б надати бетону античності, при цьому бути максимально продуктивним і автоматизованим.

Содержание этой работы заключается в проектировании машины для обработки бетонных изделий методом «старения» верхней их части, где была поставлена задача реализовать оборудование которое смогло бы предать бетону античность, при этом быть максимально производительное и автоматизированное.

The content of this work is to design a machine for processing concrete products using the “aging” method of its upper part, where the task was to implement equipment that could betray antiquity to concrete, while being as productive and automated as possible.

ВСТУП

Машина декоративної обробки бетону методом «старіння» верхньої поверхні призначена для обробки бетонних виробів, де в якості основи виступає тротуарна плитка. Завданням обладнання - надати виробу ознаки унікальності і античності. «Машина старіння» широко застосовується на підприємствах з виробництва бетонних виробів способом вібропресування.

Розділ 1

Аналіз методів штучного «старіння» будівельних виробів із бетону та обладнання для їх реалізації.

На ринку існує кілька видів штучного «старіння» бетонних виробів. Кожен виробник бетонних виробів прагне розвитку свого виробництва, на що значний вплив мають ряд факторів, таких як:

- Модернізація обладнання (автоматизація);
- Поповнення асортименту;
- Унікальність продукту.

Технологія штучного «старіння» бетонної бруківки передбачає використання рухливих сталевих елементів.

Компанія КВН Maschinenbau, м Лакхен (Німеччина) представила на виставці «БАУМА» установку для штучного «старіння», що функціонує за новим багат шаровим принципом. Ця установка може експлуатуватися як в єдиному комплексі з іншими установками, так і автономно. Вона не займає багато місця і має продуктивність до 300 квадратних метрів на годину. Багат шарово можна обробляти камені будь-якої конфігурації: мультиформатні вироби, бруківку для створення малюнка круглої форми, терасові плитки, плитки, що стикуються, кам'яні композиції з обробленою «рустиком» поверхнею, комплекти для розташування «в ялинку».

Комбінації з іншими багат шаровими методами обробки, такими як наприклад, дробеструменева обробка, являють особливо цікаві перспективи.

Тим самим кожен виробник розвивається в міру своїх фінансових можливостей.

Тому ми розглянемо 3 варіанти штучного «старіння» будівельних виробів із бетону, які користуються на ринку значним попитом. На основі даного дослідження буде зроблено висновок, який із способів є найбільш ефективним.

1. Найбільш поширеним способом штучного старіння бетонних виробів є використання барабану для облагороджування бетонних виробів (рис. 1). Виробником даного обладнання є компанія Techmatik (Польща) [1].

Оброблений «барабанним» способом бетонний камінь користується великим успіхом протягом довгих років в Австралії, Європі та Північній Америці, а завдяки своїй зовнішній привабливості і поширенню «барабанного» візуального ефекту, його потенційний ринок збуту і сфера застосування значно розширилися за останні роки.

Якщо спочатку обробці піддавалися тільки камені правильної форми - квадратні або прямокутні, які можна було укласти на обидві сторони, то сьогодні сімейство продукції «барабанної оптики» значно розширилося. Причина полягає в удосконаленні програми для того, щоб запропонувати кінцевому замовнику ще більш привабливі можливості дизайну.



Рис 1. Барабан для облагороджування виробів.

Принцип роботи такий, готову продукцію, витриману не менше ніж 4-5 днів, підвозять до барабану і в ручну закидають вироби в барабан, що обертається, при цьому вироби піддаються ударам і тертю, за певний проміжок часу виріб має візуальний ефект об'ємного старіння. Звичайно, виходячи з економічних міркувань, цей спосіб вважається найдешевшим, але при цьому менш продуктивним. Причиною є складність автоматизації обладнання в замкнуту технологічну лінію, так як вироби з робочої зони виходять в хаотичному порядку і сортування готового продукту вимагає застосування «людської» фізичної робочої сили.

Великою перевагою такого способу обробки є те, що виріб піддається обробці з усіх його сторін. Це дозволяє його широко застосовувати в ландшафтному дизайні і огорожі (рис 2.)



Рис 2. Огородження з виробів, які були оброблені способом об'ємного старіння.

2. Спосіб «Миття» є менш поширеним, але більш продуктивним і також призначений для облагородження бруківки та тротуарних плит (рис 3).



Рис 3. Установка для обробки бетону способом «миття» верхньої поверхні

Мийка є елементом технологічної лінії для виробництва бруківки та бетонних виробів. За допомогою системи водних і повітряних сопел в пристрої вимивається верхній шар бетону і відкриваються декоративні наповнювачі (граніт, базальт, мармур і т.д.). Отримані таким чином вироби, які мають візуально привабливий вигляд, використовуються для оформлення доріжок, алей і площ, підвищуючи їх естетичність і покращуючи експлуатаційні властивості.

«Миття» виробів, яке має свої переваги і недоліки, застосовується виключно на асортимент тротуарної плитки. Цей спосіб вимагає особливих умов для реалізації обробки, наявності особливого рецепту (готової суміші). Для виробництва тротуарної плитки застосовують такі компоненти як пісок, щебінь (фракція 5-10), цемент (марка М500 Д0), вода, пластифікатор і пігменти.

Тротуарна плитка складається з двох частин: лицьовий шар та основний шар (рис 4).

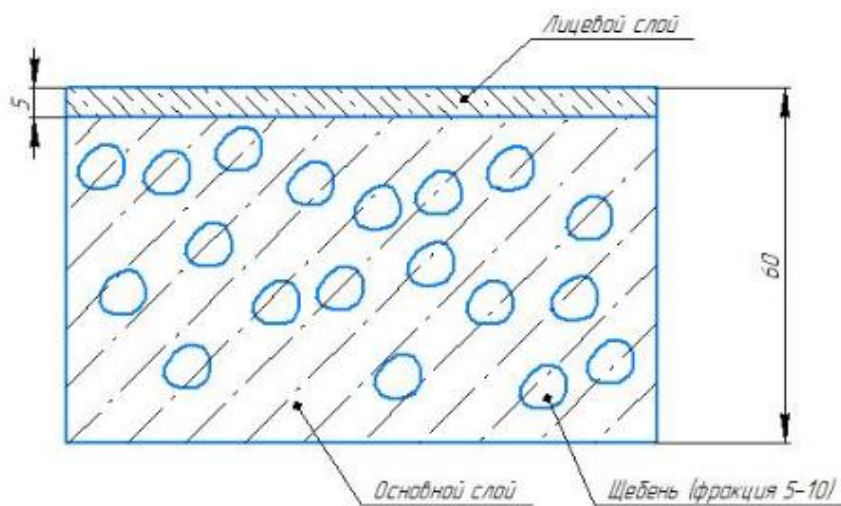


Рис 4. Розріз тротуарної плитки.

Основний шар, який ховається під монтажем, займає більшу частину виробу. Його виготовляють більш дешевим. А верхній шар, тобто лицьовий, залишається зовні і виготовляється на основі піщаної розчину, маючи при цьому дрібну фракцію структури виробу. Якщо звичайну плитку піддати обробці способом «миття», то вода під тиском буде вимивати дрібну фракцію і виріб буде пошкоджено. Отже, обробку «миттям» можна здійснювати на виробках, де лицьовий шар зроблений з піску великої

фракції. Це вимагає наявності окремої території для зберігання інертних матеріалів і також окремих ємностей в дозуючому комплексі.

Перевагами такого виду обробки є висока продуктивність, обладнання не вимагає застосування фізичної сили для роботи. Тому є можливість установки замкнутих технологічних ліній по виробництву бетонних виробів. Результат такої обробки зображений на рис 5.



Рис. 5. Тротуарна плитка оброблена способом «МИТТЯ»

3. Спосіб обробки будівельних виробів з бетону, який можливий на будь-якому підприємстві, яке випускає стінні блоки, - спосіб «розколу».

Для реалізації цього способу використовується обладнання «Spliter» (рис.6).



Рис. 6. Установка для розколу виробів «Spliter»

Вироби, які отримані при обробці на установці для розколу, на лицьовій частині мають «рвані» краї. Завдяки цій особливості спосіб «розколу» широко застосовується для виготовлення пустотних декоративних блоків для огорожі, які мають великий попит (рис 6).



Рис. 6. Поєднання колотих блоків з гладкими

Основоположниками цієї установки стала компанія DIT Equipment (США) [2].

Особливості та переваги способу «розколу»:

- Революційно новий вільно плаваючий блок лез, що забезпечує рівну силу як на верхніх, так і на нижніх зубах. Це дає можливість отримати ідеальний поділ виробу щоразу без передачі будь-якого зусилля на нижню раму або на фундамент. Також цей спосіб дозволяє розділяти вироби невеликої товщини, що було неможливо зробити за допомогою великого роздільника.

- Ексклюзивна гідравлічна система, яка автоматично модулює як витрати, так і тиск (змінна витрата, компенсований тиск, вимір навантаження). Це забезпечує швидкість і точність виготовлення, використання на 40% менше енергії, в порівнянні з іншими виробниками спліттерів принайменшому виділенні тепла (теплообмінник не потрібний).

- Очікується отримання патенту на об'єкт: розташування головки з трьома циліндрами, де середня частина виконує всі рухи на високій швидкості і отримує посилення в 200% від 2 інших циліндрів тільки під час фази поділу. Два зовнішніх циліндра також виступають в якості конструктивної опори колекторного вузла. Ця функція виключає необхідність використання всіх напрямних втулок і підшипників, що вимагають особливого обслуговування.

- Самовирівнююча система незалежних зубів, що передає зусилля від одного зуба до іншого і пристосовується до нерівностей бетонних блоків для верхнього вузла. Нижній вузол має ті ж незалежні зуби, але він встановлений на алюмінієвій пружній балці. Поєднання двох систем забезпечує найкращий поділ і простоту обслуговування.

- Система допоміжного ланцюгового штовхача Sharky (АСР) проходить по всій довжині спліттера повз леза і відкидні ворота для готового виробу. Таким чином, АСР керує кожним рівнем незалежно для оптимальної точності поділу (без кумулятивної похибки вимірювання). Sharky також може легко обробляти продукти з частинами, що підлягають видаленню на обох кінцях шару, на відміну від деяких спліттерів, в яких АСР рухається тільки в області перед лезом.

- Управління з сенсорного екрану для простого програмування одного постійного рецепта на продукт без необхідності переміщати або торкатися

до будь-яких датчиків або механічних частин. Попереднє програмування кожного руху, включаючи:

- прискорення,
- швидкість руху (безступінчаста),
- уповільнення для швидкого і точного позиціонування.

Це дозволяє скоротити час простою при зміні виробу і прискорити рух спліттера.

- Простота конструкції, що забезпечується мінімальною кількістю складових, які підлягають обслуговуванню (змонтованих на міцній рамі для важких умов експлуатації, здатної приймати 2267,962 кг бетонного продукту). Ця концепція робить Sharky одним з найбезпечніших і чистих проектів, які були коли-небудь створені.

Для реалізації цього проекту за найближчий аналог був обраний аналог німецького виробника, що є одним з лідерів у виробництві як бетонних виробів, так і обладнання для його обробки (рис. 7).



Рис.7. Машина старіння ударного типу

Грунтуючись на всіх наведених вище міркуваннях, компанія КВН [3], розробила нову, запатентовану технологію. Обробка крайок і поверхонь виконується за допомогою рухомих сталевих елементів, які вільно переміщуються по пласту. Візуальний ефект «старості» виробу, який виникає при цьому, схожий з видом виробів, оброблених «барабанним» методом.

Описана технологія відрізняється простотою, невеликим ступенем зношуваності і легкістю догляду та обслуговування.

Для експлуатації звичайних установок достатньо 10 - 15 кВт електроенергії. Конфігурація установок визначається в залежності від будь-яких необхідних потужностей і обсягів, починаючи з недорогих установок

з продуктивністю від 80 м²/год, до установок з продуктивністю понад 300 м²/год. Установки з малою продуктивністю можуть бути використані на першому етапі освоєння виробництва в одиночному виробництві. Надалі, для підвищення продуктивності, їх можна інтегрувати в систему з режимом роботи on-line. Установка обходиться без спеціальних обробних форм, матриць і іншого спеціального оснащення.

Принцип функціонування не залежить від розмірів кромки, поверхні, форми і величини пласта. Для зміни формату виробу на переобладнання потрібна мінімальна кількість часу. Перша установка була пущена в експлуатацію в квітні 2004р. на заводі залізобетонних виробів, що належить компанії КВН.

При цьому існує і вимога до технології багат шарового штучного «старіння».

Основна вимога до нової технології штучного «старіння» полягає в тому, щоб вироби за своїм зовнішнім виглядом не відрізнялися від виробів, які штучно «зістарені» за допомогою традиційної «барабанної» технології.

Друга вимога - за допомогою нової технології повинні легко переобладнюватися і доповнюватися виробничі програми «барабанної» обробки, які використовуються в даний час.

Вироби, які хоч і є штучно «зістареними», але відрізняються за своїм візуальним ефектом один від одного, прийнятні для новачків. Але для виробників, які постійно виготовляють певну номенклатуру виробів, це веде до підвищення витрат на підготовку товару до продажу. Більш того, нерідко зустрічається відсортовування виробів замість того, щоб їх доповнювати.

Якщо згадані вище вимоги вдасться виконати, нова система може бути гнучко використана.

Так само існує природне старіння бетонних виробів, тобто кліматичний і хімічний вплив на цей процес.

В процесі експлуатації бетонна поверхня піддається різним кліматичним та механічним впливам. При цьому слід розрізняти, чи викликають зовнішні впливи зміни хімічні або фізичні. Ознакою старіння бетону, значним, але зовні невидимим, є процес карбонатизації вільної гідроокису кальцію $\text{Ca}(\text{OH})_2$, який повільно протікає. При цьому $\text{Ca}(\text{OH})_2$ реагує з вуглекислою повітря і переходить в нерозчинний карбонат кальцію CaCO_3 . Так як гідроокис кальцію є сильним лугом, його можна легко виявити за допомогою індикатора, наприклад фенолфталеїна. Ступінь карбонатизації визначається на свіжому зламі бетону.

При хорошій якості бетону процес карбонатизації за рік проникає в глибину виробу менш, ніж на 1 мм. У пористому цементному камені або при поганому поверхневому шарі бетону процес карбонатизації протікає швидше і вже через кілька років може досягти арматурних стержнів, в цьому випадку виріб втрачає свій хімічний та антикорозійний захист.

Цей процес слід особливо враховувати, якщо передбачається забарвлення бетону. Молодий або у віці тільки декількох тижнів бетон розкладає сполучні речовини органічного походження певних барвників завдяки своїй активній лужній реакції. Від характеру процесу карбонатизації залежать щільність і міцність бетонної поверхні, а також її колір. Коли відбувається хімічний вплив, дощова вода повільно розчиняє вапно цементного каменю. Максимальна розчинність становить приблизно 15 мг карбонату кальцію на 1 л води. Чиста дощова вода стала рідкістю. В індустриальних областях, де спалюють значну кількість вугілля і мастила, атмосфера завжди містить двоокис сірки, яка утворює з водою сірчану

кислоту. Тому дощова вода має кислу реакцію і більш активно розкладає і розчиняє вапно, а потім і силікат кальцію. Цей процес триває приблизно в три рази активніше, ніж процес розчинення в чистій воді. Якщо двоокису сірки міститься 25 мг на 1 л води, то при 1500 мм опадів/рік розчиняється 6 мг карбонату кальцію на 1 см², що відповідає шару завтовшки 0,03 мм. Це число прийнято в якості максимального при визначенні хімічного старіння бетонної поверхні. Насправді, як правило, цей процес протікає менш активно, але в екстремальних випадках ці величини зростають.

Таким чином, хімічну взаємодію не можна не помітити. Теоретично протягом 30 років (середній вік споруд) з поверхні бетону може бути розчинений шар товщиною 1 мм, що практично навряд чи може мати значення для будівельної споруди. Пористий бетон, який має початкове високе водоцементне відношення або пошкоджене цементне стягування і в результаті чого вбирає більше вологи, втрачає, як правило, шляхом розчинення, більше речовин з поверхні. Саме тому його поверхня стає шорсткою і зручною для поселення рослинних організмів. Всі ці обставини ведуть до потемніння поверхні бетону. Розчинення вапна і силікату кальцію в дощовій воді, незважаючи на їх малу кількість, впливає на колір поверхні.

Досвід, проведений на світлій бетонній поверхні з нанесеною краплею розведеної соляної кислоти, показує, що залишаються виразні сліди, такі, як і після розчинення 2 мг на 1 см² вапна. Тому основний тон бетону стає темнішим і набуває коричневого відтінку.

Поточні води періодично змивають атмосферний пил, який осідає на фасадах і забруднює їх. З іншого боку, в тих місцях, де вода не стікає, а тільки зволожує поверхню, бетон піддається особливому забрудненню.

Характерна картина, що виникає в цьому випадку: світлі вертикальні смуги зі слідами патьоків від атмосферних опадів, обрамлені темнішими, сильно забрудненими зонами. Особливо помітно це проявляється на

пористому бетону, який має здатність сильніше утримувати в собі вологість і забруднення.

Ступінь забруднення бетонної поверхні залежить від того, наскільки забруднене повітря. У більшості випадків це сажа виробництв з неповним згорянням палива і вихлопні гази двигунів внутрішнього згоряння. На частинках сажі переносяться і маслянисті продукти, які мають високі склеюючі властивості і міцно прилипають до бетону. Забруднення з цих речовин, зазвичай, важко змити мильним розчином або видалити за допомогою розчинів кислот. В даний час розробляються нові способи очищення бетонних поверхонь струменем гарячої води зі спиртом, що подається під великим тиском.

Розділ 2
Аналіз технічних, технологічних та
конструктивних параметрів прототипу з точки зору максимізації
продуктивності та якості.

Для реалізації даного проекту був обраний найближчий аналог німецького виробника (рис 1)



Рис 1. Машина для старіння бетонних виробів KVH RA -1400

Дана машина старіння має велику перевагу серед усіх видів поверхневої обробки через можливість обробляти вироби будь-якого розміру.

RA -1400

Стационарна, повністю автоматизована з системою «танцюючих» ваг, яка ефективно працює як в автономному режимі, так і в виробничих лініях (рис.2).

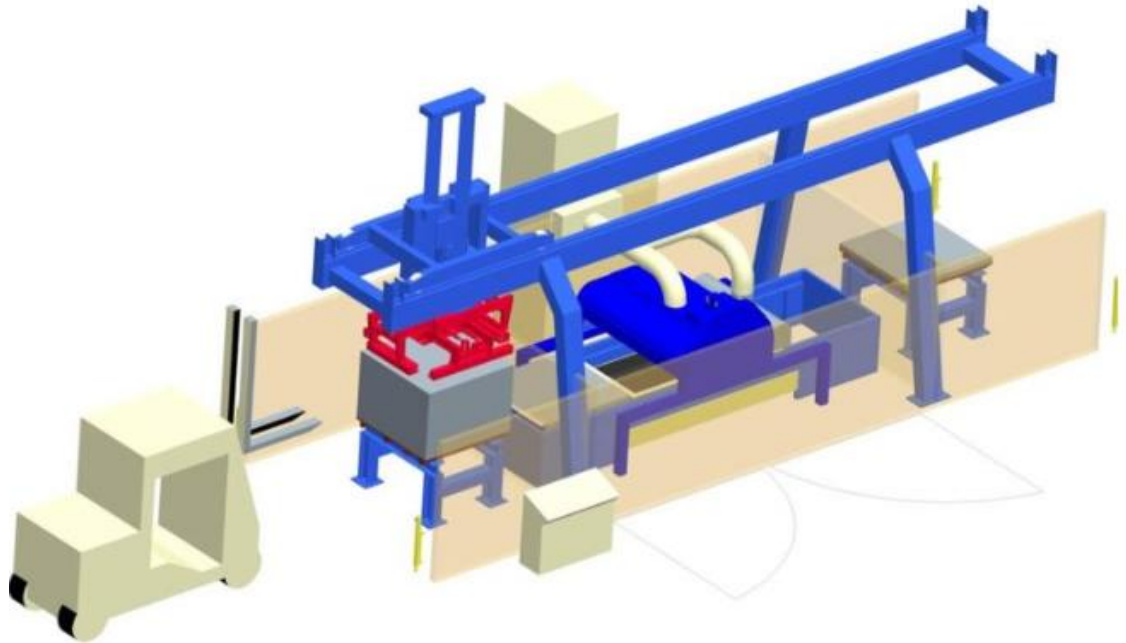


Рис. 2. Розташування машини старіння на лінії

Дана машина має можливість оброблювати великий асортимент виробів, починаючи від тротуарної плитки, кільцеві елементи, великорозмірні і мультиформатні плити, колоті камені, низькі і високі бордюри. Робочий цикл цієї машини старіння становить 9-15 секунд в залежності від конструкції виробів і області застосування.

Також, має надточну технологію регульованої системи ступеня обробки, зберігаючи при цьому мінімальне співвідношення браку до готової продукції.

Існує ряд видів обробки схожого типу, які були запатентовані (рис. 3).

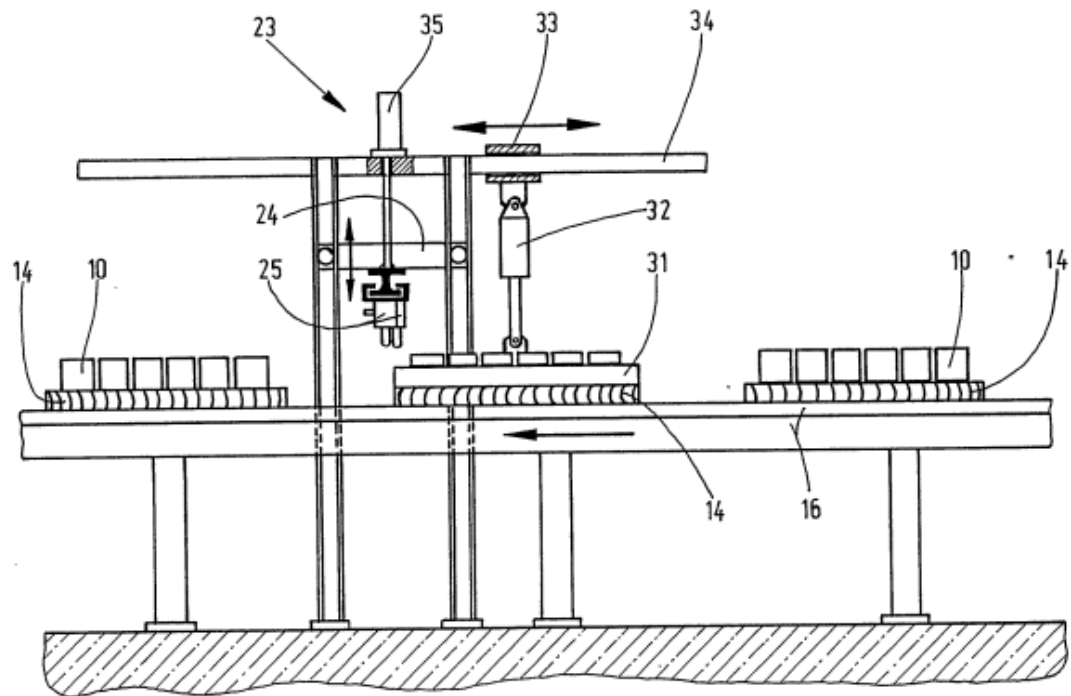


Рис. 3. Пристрій з «долотом довбання» [5]

У [5] розкритий спосіб, в якому використовується пристрій з «долотом довбання», що діє з відповідним навантаженням на поверхні одного шару, розташованого на плиті бруківки. Таким чином, краї, з одного боку, ламаються, а з іншого боку, поверхня блоків для мостіння, отримана в результаті обробки гострим долотом, є вражаючою, досить нетиповою для старої кам'яної структури поверхні. Оброблена таким чином бруківка зовнішній вигляд як більш структурного каменю і як штучно зістареного кругляка. Ще одним недоліком цього способу є те, що кожен шар каменю повинен бути вилучений з потоку транспортування на установці безперервного виробництва блоків протягом всього періоду обробки поверхонь каменю за допомогою вбудованого пристрою «долото».

Завдання цього винаходу полягає в тому, щоб запропонувати спосіб і пристрій згаданого типу, за допомогою яких можлива механічна обробка, не

впливаючи на потік транспортування блоку для отримання зістарений зовнішній вигляд.

Також існує ще спосіб поверхневої обробки (рис 4).

Винахід [6] відноситься до способу і пристрою для штучного старіння каменів, зокрема бетонних блоків, клінкерної цегли і природних каменів. Технічним результатом є удосконалення пристрою і способу для штучного старіння каменів. Пристрій має опорну плиту, на яку камені укладені таким чином, що їх оброблювана поверхня і прилеглі грані залишаються відкритими. Для обробки поверхонь і прилеглих граней каменів використовуються, по суті, ударні тіла, що вільно переміщуються. Вібраційний пристрій передає каменям і ударним тілам рух відносно один одного, при якому ударні тіла впливають на поверхні і відкриті грані каменів. Причому ударні тіла рухомо фіксовані в пристрої кріплення таким чином, що ударні тіла вільно переміщуються в межах визначеної ділянки поверхні каменів

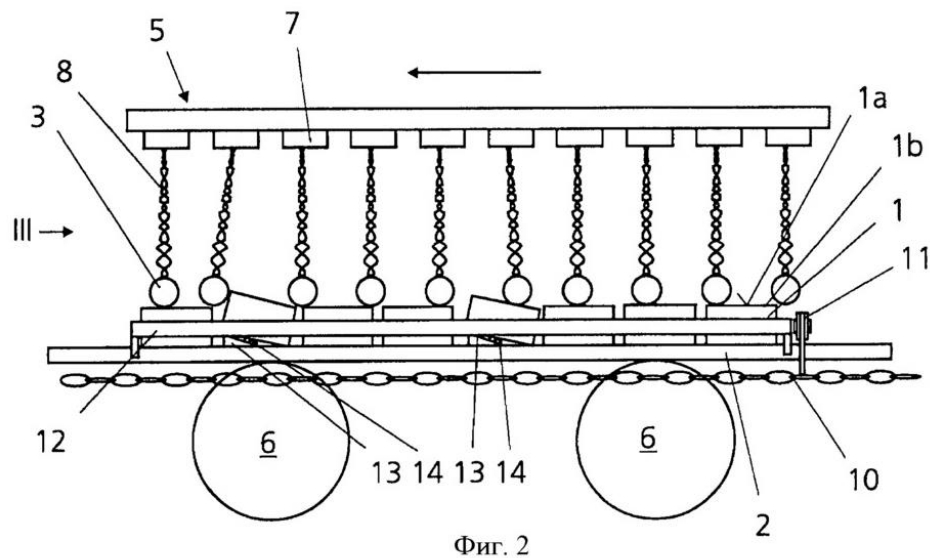


Рис. 4. Спосіб і пристрій для штучного старіння каменів [6]

Таким способом можуть оброблятися камені, наприклад елементи облицювання, елементи лицьової сторони будівлі, вапняно-піщані камені, бетонні блоки, цегла, зокрема клінкерна цегла, природні камені і їм подібні

матеріали незалежно від їх властивостей, які часто піддаються подальшій обробці, щоб не виглядати штучними.

Такий обробці особливо часто піддаються щойно виготовлені, схоплені бетонні блоки, зокрема бетонні камені для мощення, в ході якої відбиваються, зокрема ламаються, поверхні і (або) межі з метою надання їм таким способом зовнішнього вигляду, відповідного природному каменю. Для цього велика кількість бетонних блоків поміщається в обертовий барабан і там "перемішується", причому поверхні і грані каменів вдаряються одна об одну і оброблені таким чином камені в "зістареному" стані залишають барабан. Подібний пристрій відомо з публікації [6].

При обробці бетонних блоків в обертовому барабані зміні піддаються також поверхні і грані, які не перебуватимуть зовні на вкладеній бруківці. На це витрачаються зайва енергія і час. Крім того, при транспортуванні оброблених і витягнутих з обертового барабана бетонних блоків їх необхідно складати в певному порядку на палеті, для чого потрібні несумірні витрати праці і часу. Внаслідок того, що ударні тіла фіксовані рухомо, а така фіксація дозволяє здійснювати рух ударних тіл в межах визначеної ділянки поверхні каменів, з одного боку, стає можливим наносити на поверхні, зокрема прилеглі до них грані каменів, нерегулярні удари. Завдяки цьому створюється видимість, відповідна природно «зістареному» каменю, а, з іншого боку, можна відмовитися від магніту, що скидає і притягає тому ударні тіла з поверхні. Завдяки використанню вібрації, наприклад, виробленої вібростолами, розташованими під камінням, каміння і ударні тіла, так само, як це описано у відповідній публікації, приводяться в рух один щодо одного, внаслідок чого ударні тіла впливають на поверхню і прилеглі до неї межі каменів.

Так само існує обробка виробів тунельного типу [7] (рис. 4)

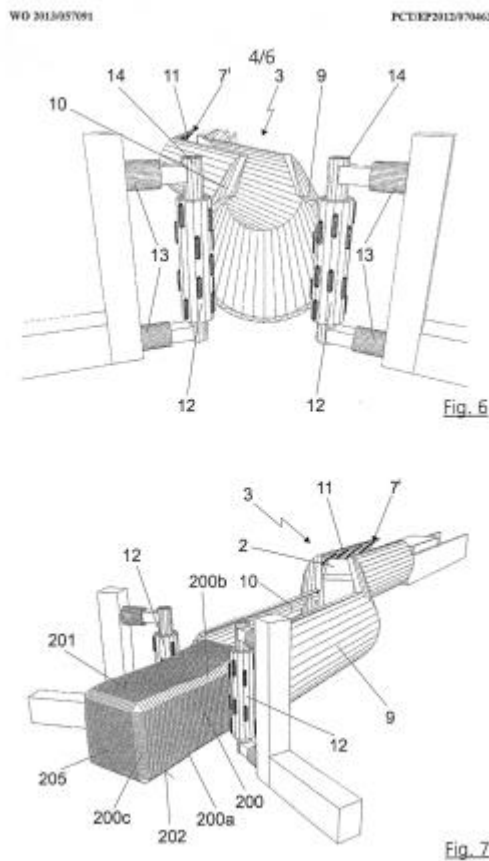


Рис. 4. Пристрій і спосіб штучного старіння каменів [7]

Винахід відноситься до пристрою штучного старіння каменів. Технічним результатом є підвищення ефективності та надійності старіння каменів. Пристрій для штучного старіння каменів, оснащений щонайменше одним розташованим на опорній плиті каналом для старіння, вібраційним пристроєм для приведення в рух опорної плити і пристроєм транспортування для подачі каменю по каналу для старіння. Канал для старіння має, щонайменше одну першу і одну другу упорні поверхні, які сприяють старінню каменю. Канал для старіння має, щонайменше дві ділянки, причому камінь проходить першою ділянкою в першому напрямку подачі, а друга ділянка розташовується під кутом до першої ділянки, так що камінь в напрямку подачі відхиляється і переміщається під другим напрямком подачі.

В результаті аналізу можливих способів обробки виробів способ ударного типу верхньої поверхні є найефективним серед всіх видом штучного старіння. Причиною цього є основні параметри такі, як можливість автоматизації обладнання, продуктивність, низький відсоток браку і можливість обробити продукцію різних розмірів. В результаті можлива обробка тротуарної плитки, пустотних блоків мощення, декоративних блоків для огорожі і багато інших видів.

Недоліком цього способу є те, що будь-яка форма штучного «старіння» каменю пов'язана з утворенням пилу, бруду, уламків.

Теоретично, найоптимальнішим способом є штучне «старіння» в режимі замкнутої лінії безпосередньо на виробничому майданчику. Однак, це призводить до того, що бруд і шматочки бетону потрапляють в проміжки між плитами, а витягти їх звідти дуже важко. Більш просте рішення полягало б у тому, щоб просто залишити уламки і за допомогою дробильного пристрої спробувати подрібнити їх якомога тонше, а потім з'єднати пласт в пачку.

Цей спосіб має суттєві недоліки. Перш ніж пачка виявиться у кінцевого замовника, вона буде багаторазово переміщатися і струшуватися автовантажниками, кранами та вантажівками. В результаті цього пресоване сміття може висипатися з щілин і зробити пачку порожнистою, що підвищить навантаження на обхоплюю стрічку. Це є ризиком, який не слід недооцінювати за часів підвищених вимог до безпеки транспортування.

Крім того, в пачку може проникнути волога. В цьому випадку можуть відбутися дві речі. По-перше, пил може пристанути.

По-друге, якщо бруд перенесеться дощовою водою, пил може залишитися в вигляді візуально негарних крайок з цементу і бруду на лицьовій стороні наступного нижче пласта плиток. Таким чином, необхідний дієвий спосіб для видалення бруду.

Це може бути відсмоктування на виробничому майданчику, що вимагає великих витрат електроенергії, перевертання і витрушування виробничого майданчика разом з виробами, або виїмка пласта, призначеного для штучного «старіння», на спеціальному обвідному ділянці, де сміття легко відсівається, а решта пилу видаляється за допомогою пристрою з невеликою потужністю всмоктування.

Розділ 3

Визначення основних технічних параметрів та розробка компоновки машини декоративної обробки бетону.

Машина декоративної обробки бетону методом «старіння»

3.1. Компонування машини

Машина старіння (рис. 3.1) призначена для штучного старіння бетонних виробів виготовлених способом вібраційного пресування. До таких виробів належить в основному тротуарна плитка. Конструкція машини реалізує спосіб старіння вібраційної ударної обробки поверхні виробу, що знаходиться на вібраційному столі, а ударні тіла впливають на поверхню і прилеглі до неї межі каменів.

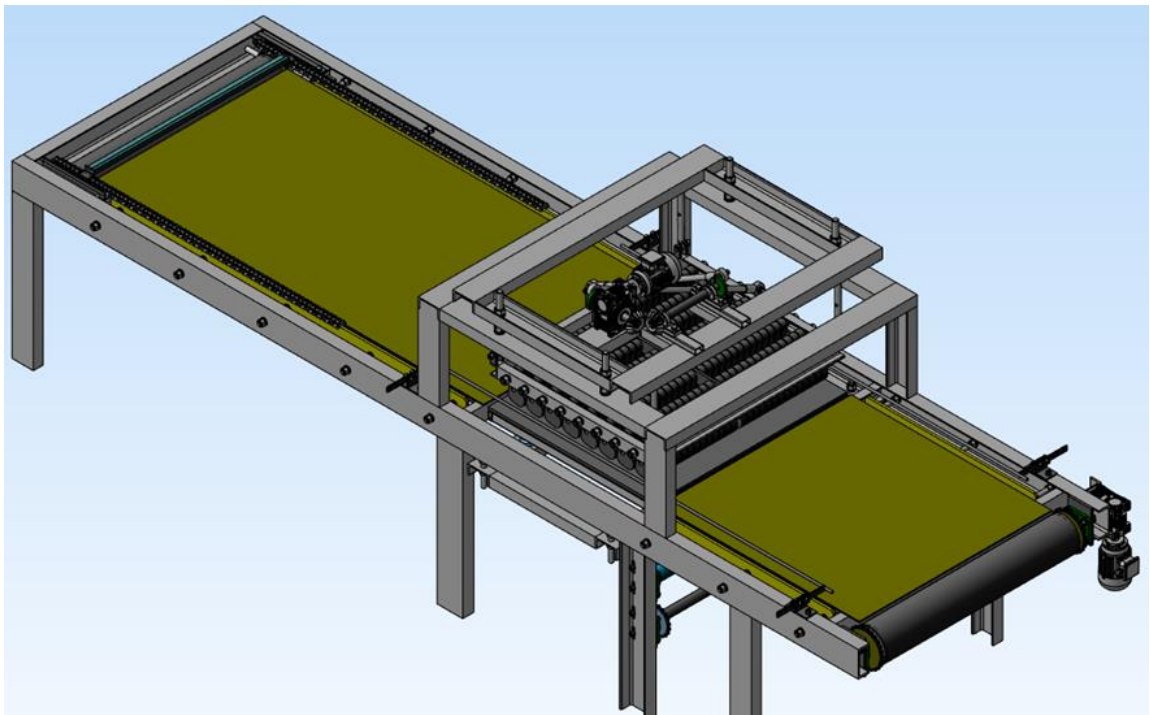


Рис. 3.1. Компонування машини декоративної обробки бетону методом «старіння» верхньої поверхні

Основні технічні характеристики машини

Технічні характеристики	
Максимальна зона обробки, мм	1250-800
Мінімальна висота виробу, мм	40
Максимальна висота виробу, мм	250
Продуктивність (в партіях), шт.	18-24
Час циклу, с	30-40
Вага машини старіння, кг	1010
Споживана потужність, кВт	3,7

3.2. Будова машини

Машини складається із рами 1 (рис. 3.2) на двох кінцях якої горизонтально розташовані приводний 7 і натяжний 8 барабани. На них натягнута стрічка транспортерна 102, яка натягується додатково роликком 10. Зі сторони завантаження заготовок (внизу рисунка) стрічка 102 використовується в якості робочого стола. На ньому розміщується плоский блок заготовок. Вздовж рами 1 з обох її сторін встановлені напрямні 32 і 33 для ланцюгів 104 ланцюгової передачі. Тягові зірочки 9 ланцюгових передач розміщені на осі приводного барабана 7, ведені зірочки 13 – на осі натяжного барабана. Додаткове регулювання натягу ланцюгів 104 виконується зірочками на осі 14, що має рухомі в вертикальному напрямку опори. Кінці ланцюгів 104 на вході до робочого столу закріплені на кінцях штовхача – прямокутного бруска, що лежить перпендикулярно поздовжній стороні стрічки 102.

Приводний барабан 7 приводиться в рух черв'ячним мотор-редуктором 103 з пустотілим валом приводом. Він висить на шипі приводного барабана 7.

В центральній частині рами на шпильках 98 встановлена рама підвісна 5. На рамі 5 встановлений привод вертикального переміщення рами кулачків 4. Привід складається із черв'ячного мотор-редуктора 103 з передаточним відношенням $u=30$, вала 26, ексцентричного диску 29 з пальцем, конічної пари 101/101, системи важелів 92, 95 з опорами 97.

Тут же нижній частині рами 1 на чотирьох шпильках 88 встановлена опорна рама 2, на якій через пружини 28 встановлений вібростіл 3, що верхньою площиною дотикається внутрішньої поверхні стрічки 102. З нижньої сторони вібростола 3 закріплений вібратор ИВ-99Б.

Рама кулачків (рис. 3.3) складається зі зварної прямокутної 1, в якій на осях підвішені кулачки 4. Форма кулачків представлена на рис. 3.4.

3.3. Робота машини

Після преса вироби відправляються до камери сушіння на 24 години. Після цього вони передаються на лінію розпалубки (розбирання) і упаковуються на технологічний піддон розміром 1200x800 мм. Далі вироби

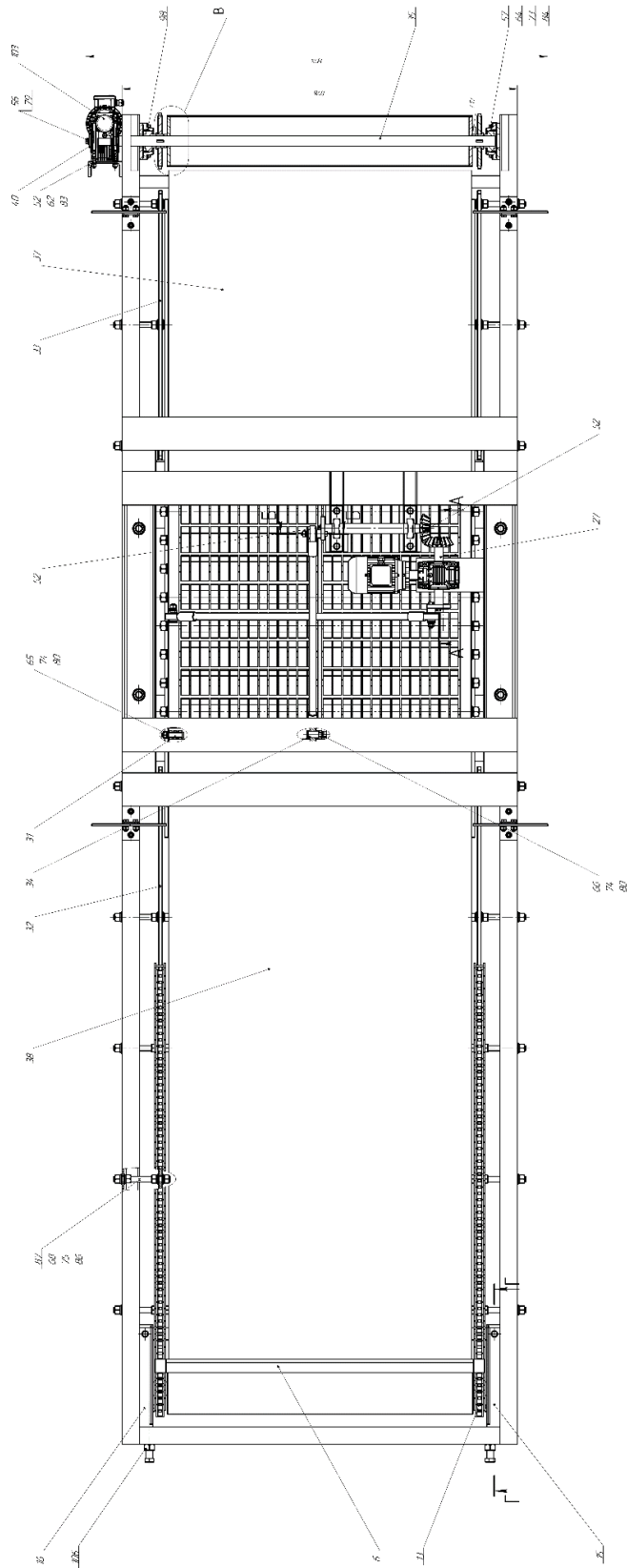


Рис. 3.2. Загальний вигляд машини декоративної обробки бетону методом «старіння» верхньої поверхні (продовження)

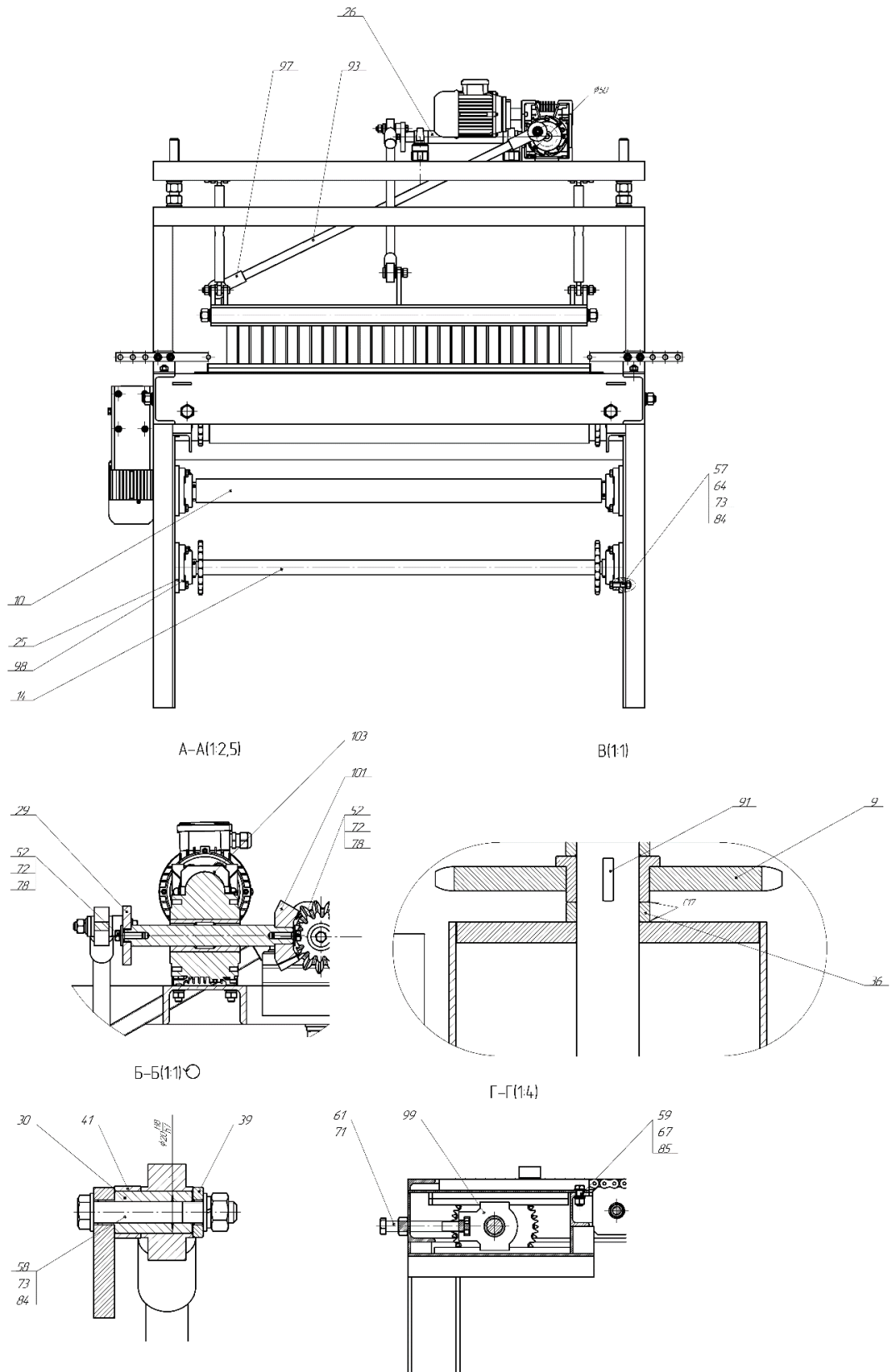


Рис. 3.2. Загальний вигляд машини декоративної обробки бетону методом «старіння» верхньої поверхні (закінчення)

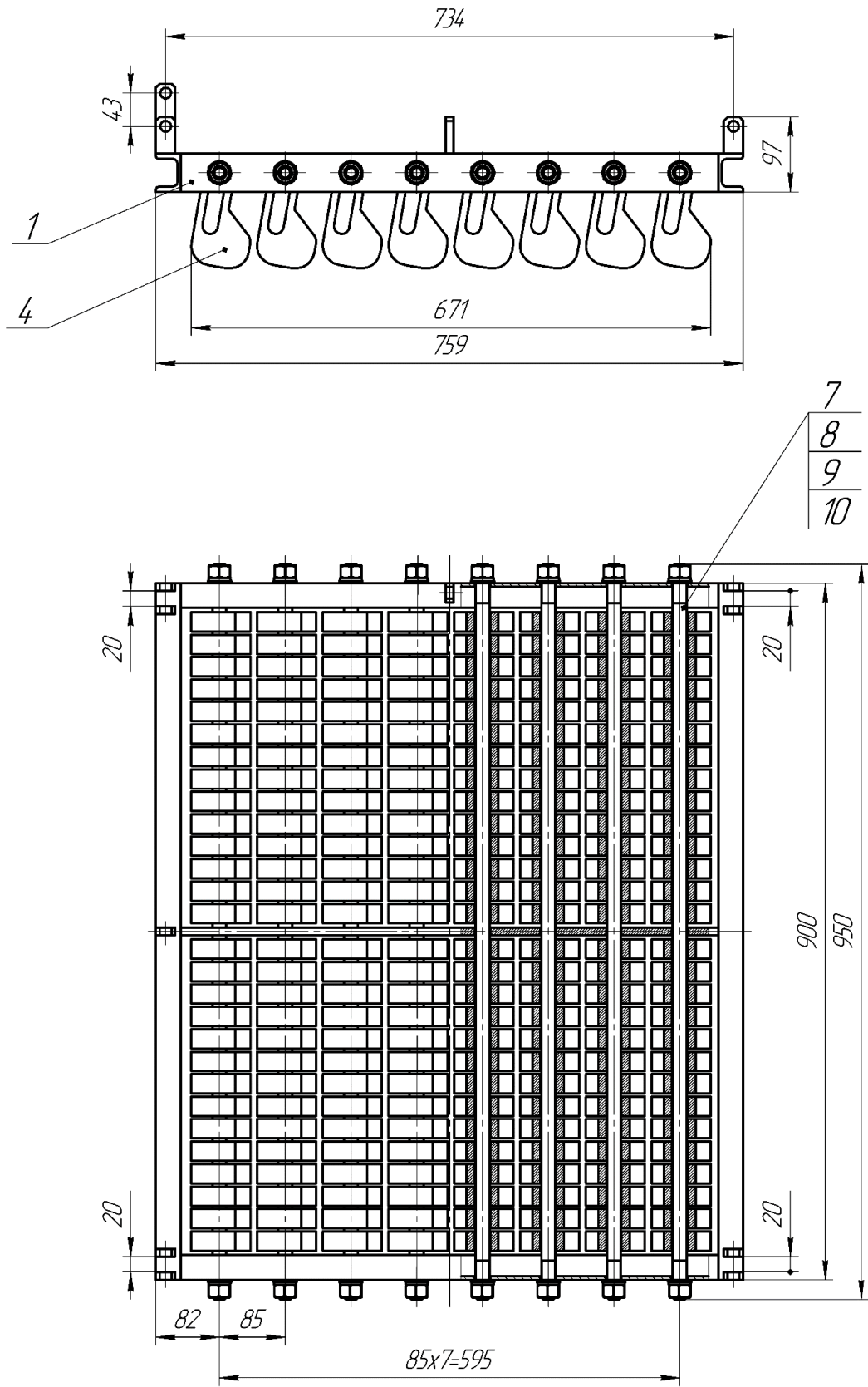


Рис. 3.3. Рама кулачків

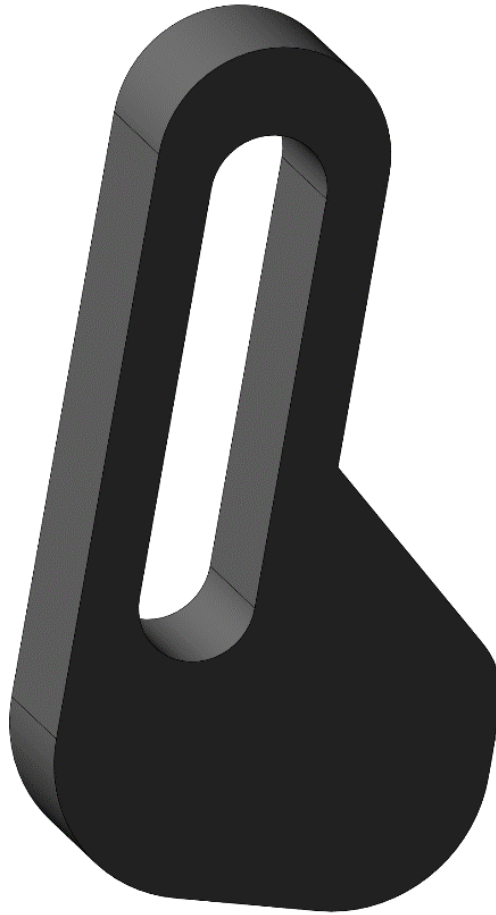


Рис. 3.4. Форма кулачка

витримуються на піддоні протягом не менше 4 днів для того, щоб бетон набрав основну міцність величиною близько 40%.

Для доставки виробів на робочий стіл машини «старіння» потрібен перевантажувач (рис. 3.5).

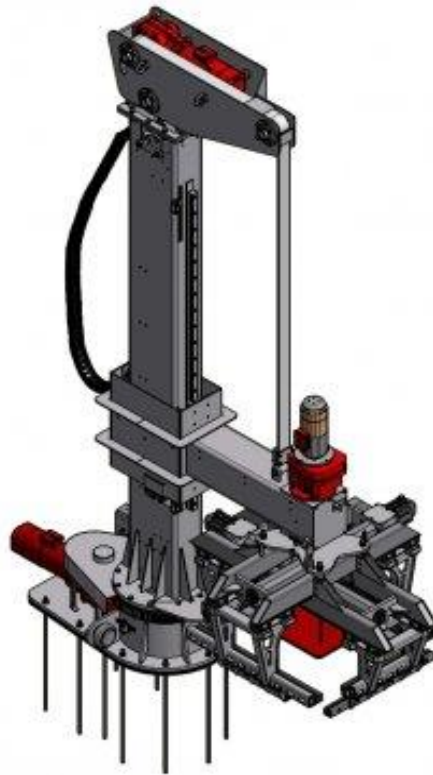


Рис. 3.5. Загальний вигляд перевантажувача

Швидкість доставки виробів в робочу зону, виконується регулюванням за допомогою частотного перетворювача мотор-редуктора 103. Після того як привід 103 ввімкнувся і вироби прийшли в рух, заходячи на зону обробки, вмикається вібратор ІВ-99Б. Він приводить в вібраційний рух (в вертикальному напрямку) ударну плиту вібростола 3. Вібратор ІВ-99Б так само піддається регулювання своєї частоти, що дозволяє регулювати амплітуду і силу вібрації.

Після того як вироби потрапляють під вплив вібраційних навантажень вони починають підстрибувати і вдаряються в кулачки. Транспортна стрічка демпфує удар металу об бетон, що запобігає розколу або бракуванню виробів.

Ця конструкція реалізує метод обробки типу «танцююча система». Багато виробників знаходять ряд способів зістарити вироби способом ударів. Але як правило без «танцюючої системи» вони отримують лінійну структуру обробки (рис. 3.6, а).

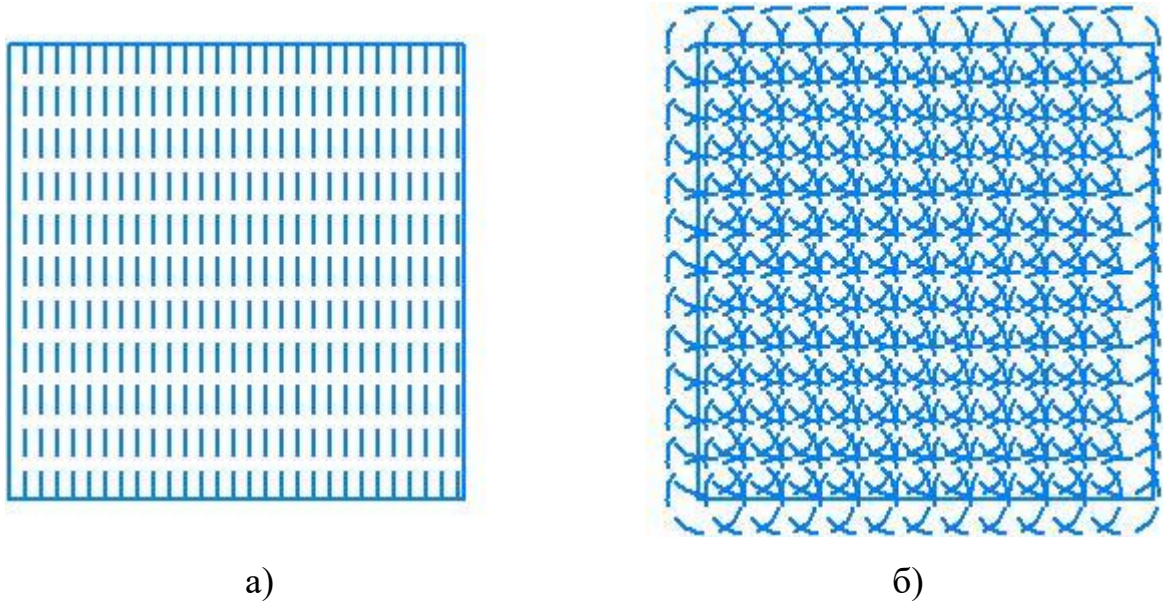


Рис.3.6. Структура обробленої поверхні виробів: а) лінійна обробка;
б) обробка «танцююча система»

Чим нижче ми опускаємо кулачки до виробу тим більше точкову обробку ми отримуємо, якщо ж ми піднімає кулачки від виробів вище, тим грубішою і об'ємнішою виходить у нас обробка.

Після того як вироби виходить із зони обробки, допоміжний механізм (рис. 3.5) забирає готову продукцію і укладає на технологічний піддон 1200x800 мм.

Результат обробки зображений на картинці (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Тротуарна плитка оброблена способом штучного старіння

Висновки по розділу

1. Розроблена компоновка і ескізний проект машини штучного вібраційного старіння поверхні бетонних виробів, що працює за схемою обробка «танцююча система».

2. Для розробки робочого проекту машини потрібно виконати розрахунки з визначення потужності приводів, міцності та напружено-деформованого стану деталей та вузлів.

4. Розрахунок вузлів машини.

4.1. Розрахунок приводу подачі виробів в робочу зону.

Механізм подачі реалізований двома ланцюгами, які огинають станину, між ланцюгами є перемичка яка під дією тягового зусилля подає заготовчий пакет виробів у зону обробки.

Механізм подачі заготовки в робочу зону є конвеєрної дії, тому розрахунок аналогічний розрахунку конвеєра ланцюгового типу. Методика на аналогічний розрахунок наводиться в джерелі[1].

Вихідні дані:

- Максимальна робоча вага $m=300$ кг.
- Вага 1 м ланцюга $m= 1,9$ кг.
- Швидкість подачі в зону заготовки $v=4$ м/с.
- Довжина переміщення $L = 3,5$ м.
- Діаметр ділильного кола ведучої зірочки $D=153$ мм.
- Коефіцієнт тертя $\mu=0.45$

4.1.1 Визначення погонного навантаження

Навантаження на 1 м від ходової частини:

$$q_0 = q_u g = 19H$$

де $q_u = 1,9$ кг – вага одного метра ланцюга

Навантаження на завантаженій частини:

$$q = q_0 + \frac{G_g}{t_3}$$

де $G_g = 300$ кг – вага вантажу

$t_3 = 3,5$ м – крок завантаження

$$q = 19 + \frac{300}{3,5} = 87,6H$$

4.1.2 Тяговий розрахунок

Тяговий розрахунок включає визначення опорів на окремих ділянках, натягу гнучкого органу у характерних точках траси і розрахунок тягового зусилля.

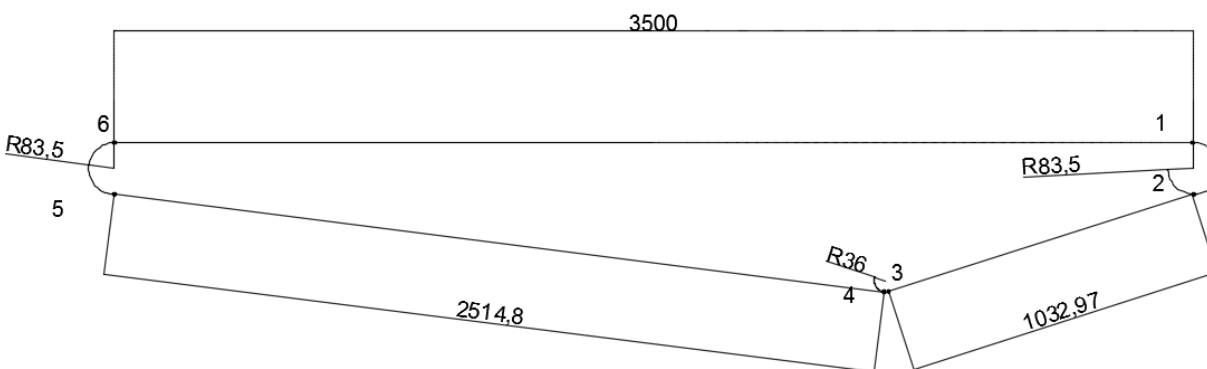


Рис.4.1 Схема

Мінімальна натяг S_{\min} у точці 1 приймається рівним $S_1 \geq 5q$. Обходом по контуру, послідовно підсумовуючи опору на ділянках, визначаємо натягу в інших точках.

$$\omega = \frac{2\mu + fd}{D}$$

де f - коефіцієнт опору руху в підшипниках ходових роликів;

d - діаметр цапфи підшипника;

μ - коефіцієнт опору коченню;

D - діаметр ходового ролика;

Для підшипників кочення середнє значення $\omega = 0,02$.

Натяг в характерних точках контуру тягового органу визначається наступним чином:

$$S_1 = 5q = S_{\min}$$

$$S_2 = S_1 e^{\omega\alpha_1}$$

$$S_3 = S_2 + W_{2-3}$$

$$S_4 = S_3 e^{\omega\alpha_2}$$

$$S_5 = S_4 + W_{4-5}$$

$$S_6 = S_5 e^{\omega\alpha_3}$$

де $W_i = ql\omega$,

$$\alpha_1 = 120,$$

$$\alpha_2 = 90,$$

$$\alpha_3 = 120.$$

$$S_1 = 5q = 5 \times 87,6 = 438H$$

$$S_2 = S_1 e^{0,02 \frac{2\pi}{3}} = 438 \cdot 1,043 = 439,043H$$

$$S_3 = S_2 + ql_{2-3}\omega = 439,043 + 87,6 \cdot 1,038 \cdot 0,02 = 440,86H$$

$$S_4 = S_3 e^{0,02 \frac{\pi}{2}} = 454,932H$$

$$S_5 = S_4 + ql_{4-5}\omega = 454,932 + 87,6 \cdot 2,515 \cdot 0,002 = 459,34H$$

$$S_6 = S_5 e^{0,02 \frac{2\pi}{3}} = 479H$$

4.1.3 Вибір ланцюга.

Розрахункове зусилля водному ланцюзі

$$S_{p1} = \frac{Sp}{2k_n}$$

де $k_n = 0,85$ – коефіцієнт нерівномірності навантаження двох ланцюгів.

$$Sp = S_6 + S_\delta$$

де S_δ - динамічна сила, що діє на ланцюги

$$S_\delta = 6 \frac{Gv^2}{z^2 t}$$

Де $t = 38$ мм – крок ланцюга

$z = 26$ - кількість зубців зірочки.

G – вага ходової частини та вантажу

$$G = cql = 1,5 \cdot 87,6 \cdot 3,5 = 459,9 \text{ Н}$$

Де $c = 1,5$ – коефіцієнт зменшення ваги.

Таким чином

$$S_\delta = 6 \frac{459,9 \cdot 4^2}{26^2 \times 0,038} = 286,6 \text{ Н}$$

$$Sp = 479 + 286,6 = 765,6 \text{ Н}$$

$$S_{p1} = \frac{765,6}{2 \cdot 0,85} = 450,36 \text{ Н}$$

Розривне зусилля ланцюга

$$S_{розр} \geq S_{p1} n_l$$

Де $n_l = 8..10$ – коефіцієнт запасу міцності ланцюга для тягових пластинчастих ланцюгів.

$$S_{розр} \geq 450,36 \cdot 10 = 4503,6 \text{ Н}$$

Вибираємо тяговий пластинчастий ланцюг ПР-31,75-89 з кроком $t = 38$ мм, з максимальним навантаженням $F = 89,0$ кН.

4.1.4 Вибір двигуна

Загальне тягове зусилля на привідних зірочках:

$$W_0 = S_6 = 479H$$

Потужність двигуна визначається як:

$$P = 1,2 \frac{W_0 v}{10^3 \eta} ,$$

де v - швидкість руху тягового органу, м / с;

η - ККД приводу (0,85).

$$P = 1,2 \frac{479 \cdot 4}{10^3 \cdot 0,85} = 2,7 \text{кВт}$$

Вибираємо двигун з каталогу 4AM100S4:

$$P = 3 \text{ кВт}, n = 1500 \text{ об/хв}, \frac{M_{\max}}{M_H} = 2,2, \frac{M_{\text{п}}}{M_H} = 2, \eta = 82\%.$$

4.1.4 Вибір редуктора

Частота обертання приводної зірочки:

$$n_{\text{зир}} = \frac{60v}{\pi D}$$

де $D=153$ мм - діаметр ділильного кола ведучої зірочки $D=153$ мм

$$n_{\text{зир}} = \frac{60 \cdot 4}{\pi \cdot 0.153} = 45.7 \text{ об / хв}$$

Передатне число редуктора приводу:

$$u_{p.p.} = \frac{n}{n_{зир}} = \frac{1500}{45,7} = 32,8$$

За каталогом було вибрано черв'ячний редуктор Ч-100-30-52-1-У3.

Було вирішено замінити дані приводи одним мотор-редуктором серії МЧ4-40 з номінальною частотою обертання на вихідному валу 45об/хв, обладнаного двигуном АИР 100 А4 3 кВт на 1500 обертів.

4.2. Розрахунок приводу вертикального переміщення вібраційного стола.

Розрахункова схема проводу вертикального переміщення наведена на рис. 4.2.

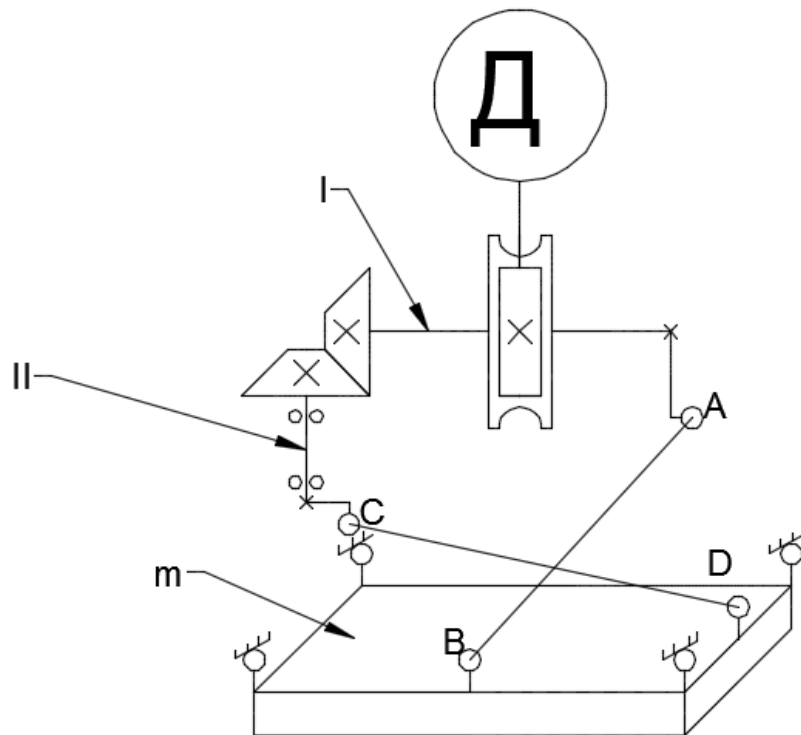


Рис. 4.2. Схема переміщення стола.

Привід складається з двигуна, черв'ячного редуктора з передаточним відношенням $u=30$, на одному з кінців вихідного валу I редуктора прикріплений диск з пальцем. Палець розташований на відстані 25 мм від осі обертання вихідного валу. До пальця прикріплений стержень довжиною $l_{AB} = 855$ мм та масою $m= 0,9$ кг, який приєднаний до середини однієї з сторін рами. Рама в свою чергу підвішена на чотирьох шарнірах. Вага рами разом з кулачками 286 кг.

До іншого кінця вихідного вала I редуктора прикріплена конічна зубчаста передача, що має передаточне відношення 1:1. Друге зубчасте колесо жорстко з'єднано з валом II, який в свою чергу з'єднаний з кривошипом. Кривошип представляє собою диск з пальцем який розташований на відстані 25мм від осі обертання диску. Кривошип передає рух ланці CD, яка приєднана до середини дальньої сторони рами. Довжина ланки CD $l_{CD} = 690$ мм, маса $m= 0,6$ кг.

Приблизна швидкість переміщення столу рівна $v= 4$ м/с, прискорення $a=0,25$ м/с².

4.2.1. Розрахунок першого ланцюга приводу.

Визначимо для початку зусилля для зрушення рами з місця ланкою АВ спрощеним методом.

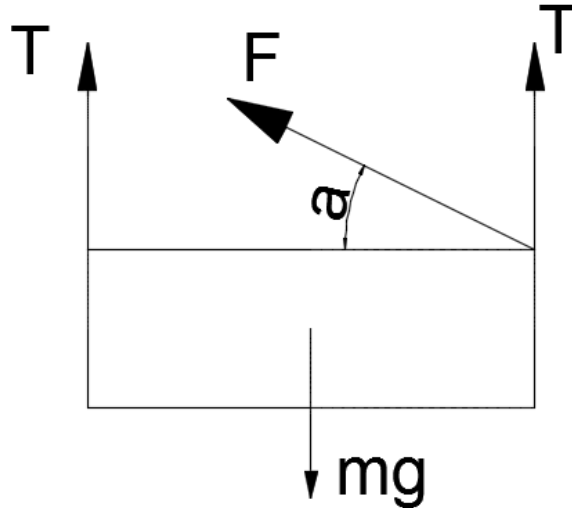


Рис.4.3. Схема визначення сили.

α - кут нахилу ланки АВ до горизонталі визначений з твердотільної моделі складає $\alpha = 26^\circ$.

Спроектуємо сили по осям:

$$OX : F \sin \alpha + 4T - mg = 0$$

$$OY : F \cos \alpha = ma$$

Для зрушення рамки в напрямку АВ необхідна сила складає:

$$F = \frac{ma}{\cos \alpha} = \frac{286 \times 0,25}{\cos 26^\circ} = 34,9 \text{ Н}$$

Потужність визначається за формулою:

$$P_{вих} = F_{вих} \cdot v$$

Де v - швидкість ланки

$$P_{вих} = 34,9 \cdot 4 = 139,5 \text{ Вт}$$

Кутова швидкість вихідного валу має бути

$$\omega = \frac{V_{AB}}{l_{AB}}$$

Де V_{AB} - швидкість ланки АВ,

l_{AB} - довжина ланки АВ

$$\omega = \frac{4}{0,855} = 4,67 \text{ с}^{-1}$$

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 4,67}{\pi} = 44,6 \text{ об / хв}$$

4.2.2. Розрахунок другого ланцюга приводу.

Аналогічно визначимо потужність через ланку CD β - кут нахилу ланки CD до горизонталі визначений з твердотільної моделі складає $\beta = 30^\circ$.

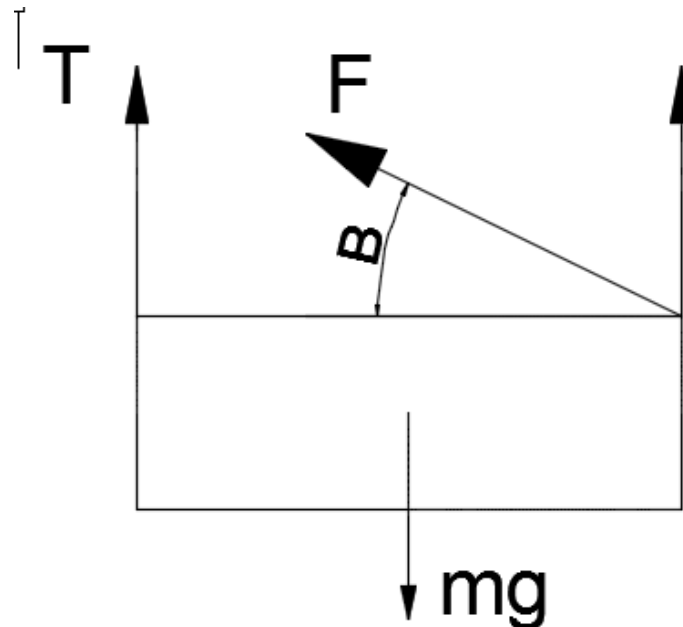


Рис. 4.4. Розрахункова схема.

Спроекуємо сили по осям:

$$OX : F \sin \beta + 4T - mg = 0$$

$$OY : F \cos \beta = ma$$

Для зрушення рамки в напрямку АВ необхідна сила складає:

$$F = \frac{ma}{\cos \alpha} = \frac{286 \times 0,25}{\cos 30^\circ} = 82,56 \text{ Н}$$

Потужність на II валу визначається за формулою:

$$P_{II} = F_{II} \cdot v$$

Де v - швидкість ланки

$$P_{II} = 82,56 \cdot 4 = 330 \text{ Вт}$$

Таким чином, потужність на вихідному валу визначається за формулою:

$$P_{\text{вих}} = \frac{P_{II}}{\eta_{\text{підш.}} \cdot \eta_{\text{зуб.перед.}}}$$

де $\eta_{\text{підш.}} = 0,99$ - ККД підшипників

$\eta_{\text{зуб.перед.}} = 0,98$ ККД конічної зубчастої пари

$$P_{\text{вих}} = \frac{330}{0,98 \cdot 0,99} = 340 \text{ Вт}$$

Кутова швидкість вихідного валу має бути

$$\omega = \frac{V_{CD}}{l_{CD}}$$

Де V_{AB} - швидкість ланки АВ,

l_{AB} - довжина ланки АВ

$$\omega = \frac{4}{0,69} = 5,78c^{-1}$$

$$n = \frac{30\omega}{\pi} = \frac{30 \times 5,78}{\pi} = 55 \text{ об / хв}$$

4.2.3. Вибір двигуна.

Оскільки для другої ланки потрібен привід більшої потужності, то вибір двигуна проведемо по ньому

$$P_{\text{ел.дв.}} = \frac{P_{\text{вих}} \cdot \xi}{\eta_{\text{ред.}}}$$

де ξ - коефіцієнт запасу потужності. При розрахунку двигуна необхідно враховувати режим роботи механізму, для якого є характерними часті пуски та зупинки. Тому необхідно забезпечити запас потужності і 1,2 - 2,5 рази. Прийmemo $\xi = 2$.

$\eta_{\text{ред.}} = 0,75$ – ККД черв'ячного редуктора.

$$P_{\text{ел.дв.}} = \frac{340 \cdot 2}{0,75} = 906 \text{ Вт}$$

Оберемо з каталогу черв'ячний мотор-редуктор Мотор-редуктор МЧ-63-53 з номінальною частотою обертання вихідного валу 56 об/хв, та номінальним крутним моментом вихідного валу 100 Нм. Оснащеного двигуном АІР 80 А6 1 кВт на 1000 обертів, масою 36 кг.

4.3. Розрахунок вібромотора.

Методика вибору вібромотора наведена в джерелах [2],[3].

За методиками [2],[3] було проведено розрахунок для вибору вібромотора з стандартизованих типорозмірів промислових вібромоторів.

В методиках [2],[3] вибір вібромотора здійснюється за необхідним повним статичним моментом:

$$M_{\text{стат.}} = \frac{e \times P_s}{2}$$

де e (мм) – значення половини амплітуди

P_s (кг) – маса віброуючої конструкції (з врахуванням маси вантажу, без врахування маси вібромотора).

За результатами розрахунку підбирається найближчий вібромотор з каталогу.

Також для вибору вібромотора необхідно визначитись з частотою вібрації.

Так за рекомендаціями з джерела [2], для високої частоти вібрації і низької амплітуди рекомендовано обирати вібродвигун з частотою вібрації 3000-1500 об/хв. Для даної установки обираємо двигун з частотою вібрації 1500 об/хв.

Маса конструкції вібростолу $m = 91$ кг. Маса вантажу підчас обробки на вібростолі $m_{\text{ван.}} \approx 150$ кг. Так загальна маса :

$$P_s = m + m_{\text{ван.}}$$

$$P_s = 91 + 150 = 241 \text{ кг}$$

Висота амплітуди з конструктивних міркувань приймемо 5 мм.

$$e = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм}$$

Таким чином необхідний статичний момент:

$$M_{\text{стат.}} = \frac{5 \times 241}{2} = 602,5 \text{ кг} \cdot \text{мм}$$

За каталогом вибираємо вібромотор з найближчим (вищим) значенням статичного моменту MVSI 15/1710-S02 потужністю $P=1$ кВт з статичним моментом $M_{\text{стат.}} = 710 \text{ кг} \cdot \text{мм}$ і вагою $m = 50$ кг.

4.4. Аналіз напружено-деформованого стану вібростола методом скінчених елементів.

Вид самого вібростола представлений на рис.4.5.

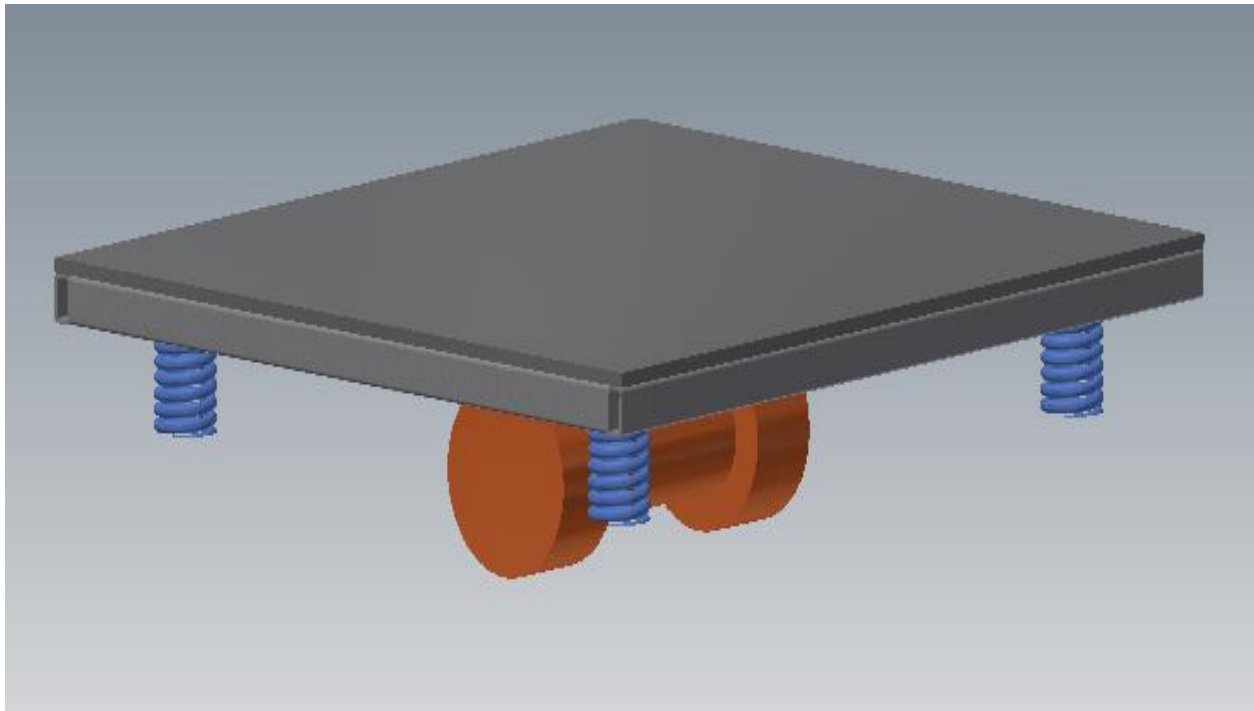


Рис. 4.5. 3-Д модель вібростола.

Розрахунок напружено-деформованого стану вібростолу виконаємо за рекомендаціями джерела [4].

Для початку визначимо сили, які діють на вібростіл. Розрахункова схема сил наведена на рисунку 4.6.

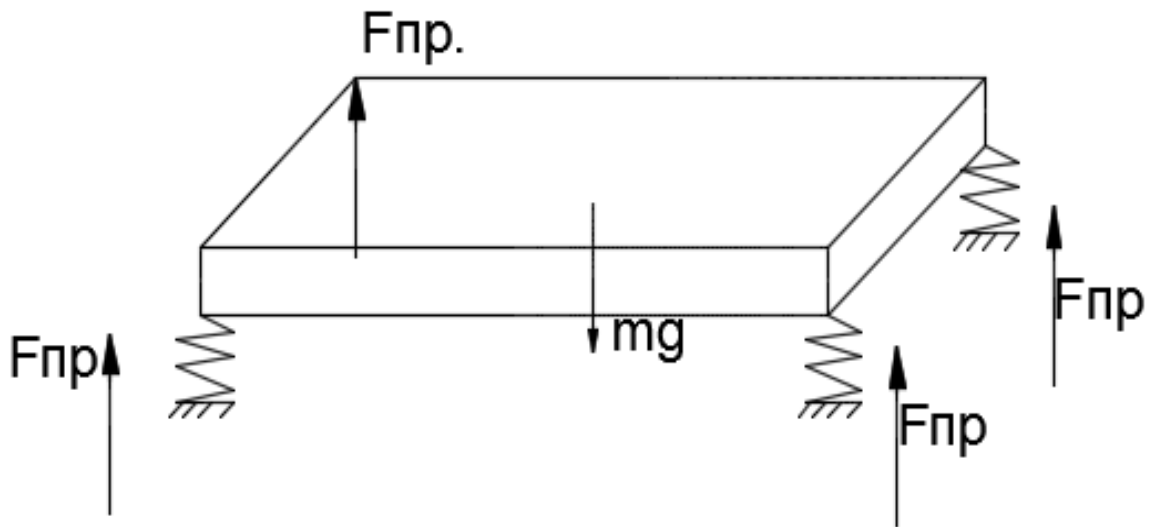


Рис.4.6. Сили, що діють на вібростіл.

Визначимо силу пружності пружини:

$$mg = 4F_{пр.}$$

де $m = 150 + 91 + 50 = 291$ кг – маса столу, заготовки і вібротора.

$$F_{пр.} = \frac{mg}{4} = \frac{291 \cdot 9,8}{4} = 712,95H$$

В свою чергу для пружини:

$$F_{пр.} = kx$$

де k – жорсткість пружини

$x = e = 5\text{ мм}$ – видовження пружини.

Таким чином жорсткість пружини:

$$k = \frac{F_{np.}}{x} = \frac{712,9}{5} = 142,59 \text{ Н / мм}$$

Розрахунок напружено-деформованого стану було виконано за допомогою Autodesk Inventor. Розрахункова схема наведена на рис. 4.7.

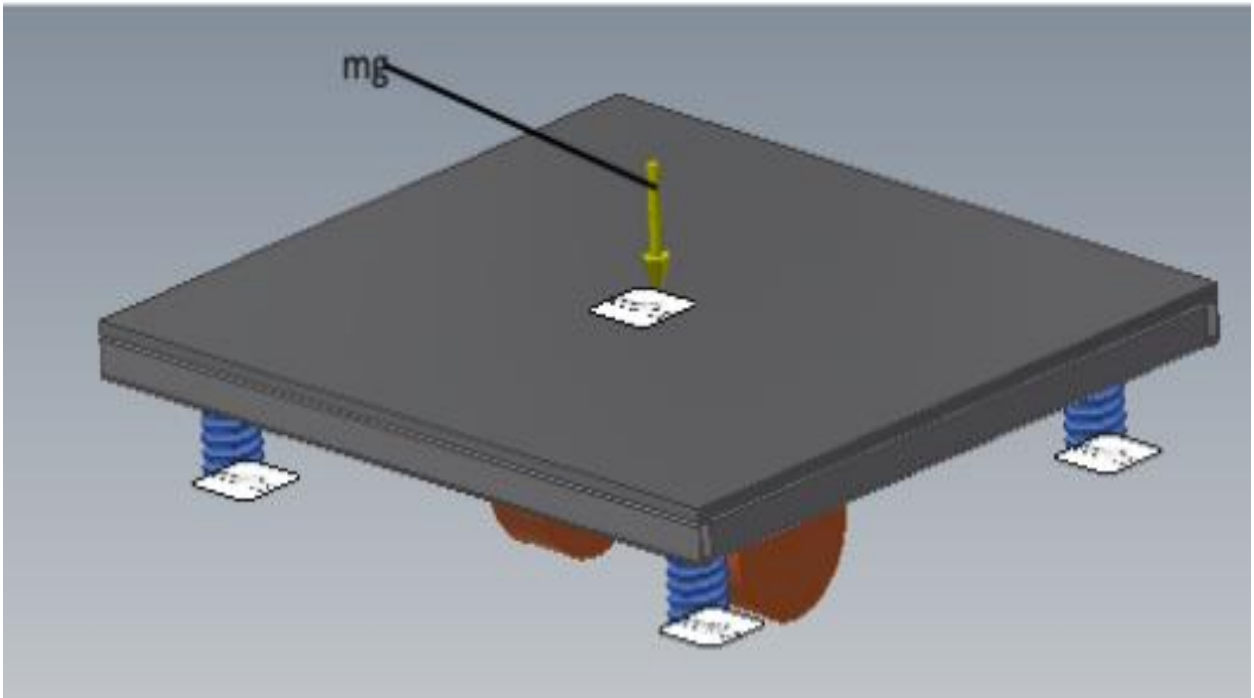


Рис.4.7.Розрахункова схема.

Сила прикладена середини стільниці:

$$P = mg = 291 \times 9,8 = 2851,8\text{ Н}$$

Кінці пружин зафіксовані командою «Зависимость фиксации».

Контакти між поверхнями деталей столу вказані з врахуванням рекомендацій джерела [4]. Так всі зварні елементи з'єднані типом контакту «Связано». Пружини вказані типом контакту «Пружина» з вказанням нормальної жорсткості $k=142,59 \text{ Н/мм}$.

Матеріали деталей з фізичними характеристиками вказані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1.

Имя	Сталь, мягкая, сварочная	
Общие	Массовая плотность	7,85 г/см ³
	Предел текучести	207 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	345 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	220 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,275 бр
	Модуль упругости при сдвиге	86,2745 ГПа
Имена деталей	Вибропластина Плита вибратора Вибростол	
Имя	Сталь 45 ГОСТ 1050-80	
Общие	Массовая плотность	7,86 г/см ³
	Предел текучести	350 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	600 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	200 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,25 бр
	Модуль упругости при сдвиге	80 ГПа

Имена деталей	Болт М14х30 ГОСТ 15591-70	
	Болт М14х30 ГОСТ 15591-70	
	Болт М14х30 ГОСТ 15591-70	
	Болт М14х30 ГОСТ 15591-70	
Имя	Сталь 65Г	
Общие	Массовая плотность	7,86 г/см ³
	Предел текучести	800 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	1000 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	200 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,25 бр
	Модуль упругости при сдвиге	80 ГПа
Имена деталей	Пружина	
	Пружина	
	Пружина	
	Пружина	

Результати розрахунку напружено-деформованого стану наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Результати розрахунку.

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	18591400 мм ³	
Масса	145,949 кг	
Напряжение по Мизесу	0,000000000315229 МПа	459,658 МПа

1-ое основное напряжение	-151,47 МПа	452,157 МПа
3-е основное напряжение	-536,767 МПа	51,98 МПа
Смещение	0 мм	9,02903 мм
Коэфф. запаса прочности	1,74043 бр	15 бр
Напряжение XX	-172,06 МПа	134,327 МПа
Напряжение XY	-117,928 МПа	117,312 МПа
Напряжение XZ	-151,285 МПа	151,999 МПа
Напряжение YY	-516,177 МПа	417,494 МПа
Напряжение YZ	-134,568 МПа	153,503 МПа
Напряжение ZZ	-172,059 МПа	162,938 МПа
Смещение по оси X	-0,0106037 мм	0,602923 мм
Смещение по оси Y	-0,00985522 мм	9,00933 мм
Смещение по оси Z	-0,262172 мм	0,126802 мм
Эквивалентная деформация	0,000000000000000135266 бр	0,00198585 бр
1-ая основная деформация	-0,0000031596 бр	0,00226933 бр
3-я основная деформация	-0,00227943 бр	0,000000695577 бр
Деформация XX	-0,00113915 бр	0,00107563 бр
Деформация XY	-0,000737051 бр	0,000733199 бр
Деформация XZ	-0,000945532 бр	0,000949991 бр
Деформация YY	-0,00215074 бр	0,00205268 бр
Деформация YZ	-0,000841051 бр	0,000959394 бр

Деформация ZZ	-0,000793646 бр	0,000990122 бр
Контактное давление	0 МПа	22,7215 МПа
Контактное давление по оси X	-20,8521 МПа	21,1763 МПа
Контактное давление по оси Y	-15,1771 МПа	14,6538 МПа
Контактное давление по оси Z	-13,6913 МПа	19,899 МПа

Напруження по Мізесу представлено на рис.4.8. З картинки видно що найменше напруження діє на площадку вібромотора, а найбільше на площині стикування плити стільниці та рами столу.

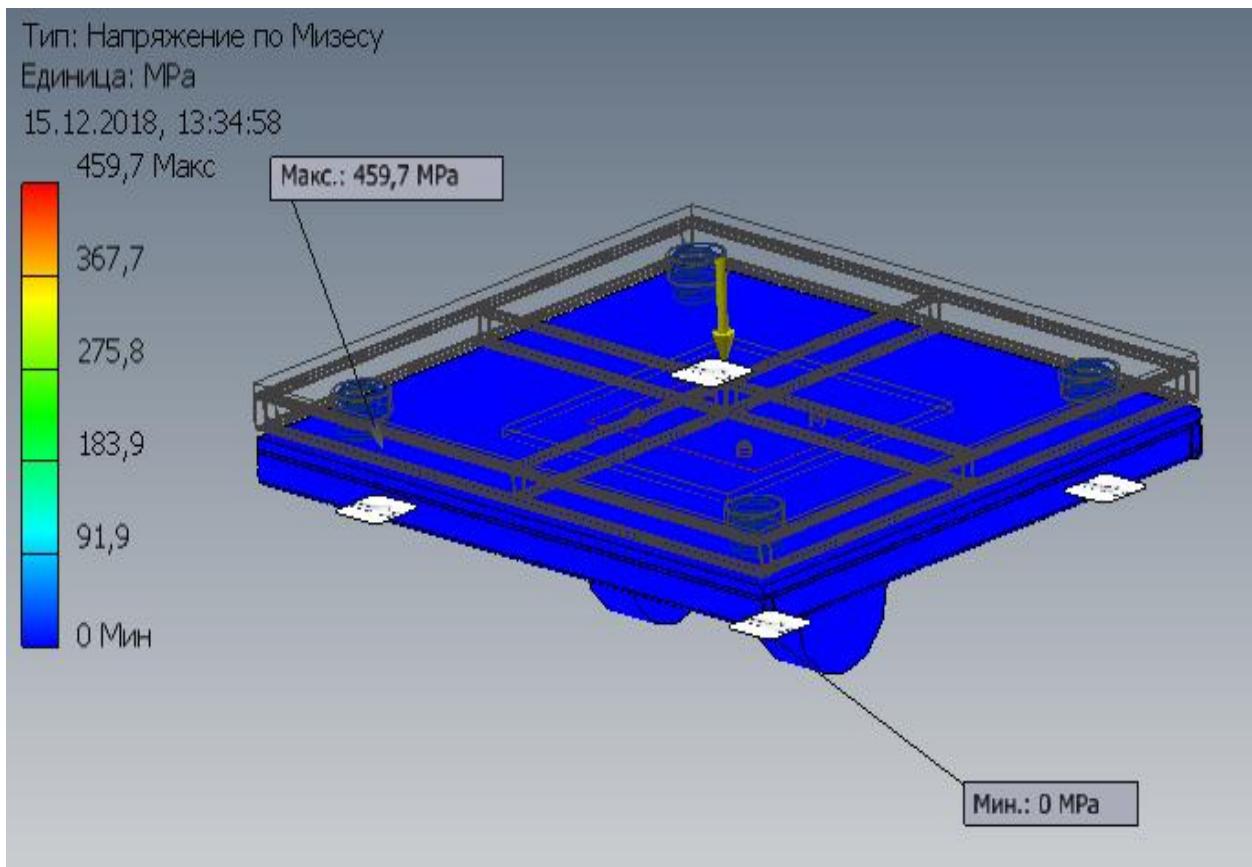


Рис.4.8. Напруження по Мізесу

На рис.4.9. зображено зміщення вібростолу. Як видно найбільше зміщення стільниці вібростолу, що пояснюється стиском пружини, а найменше зміщення зафіксованої площини пружини.

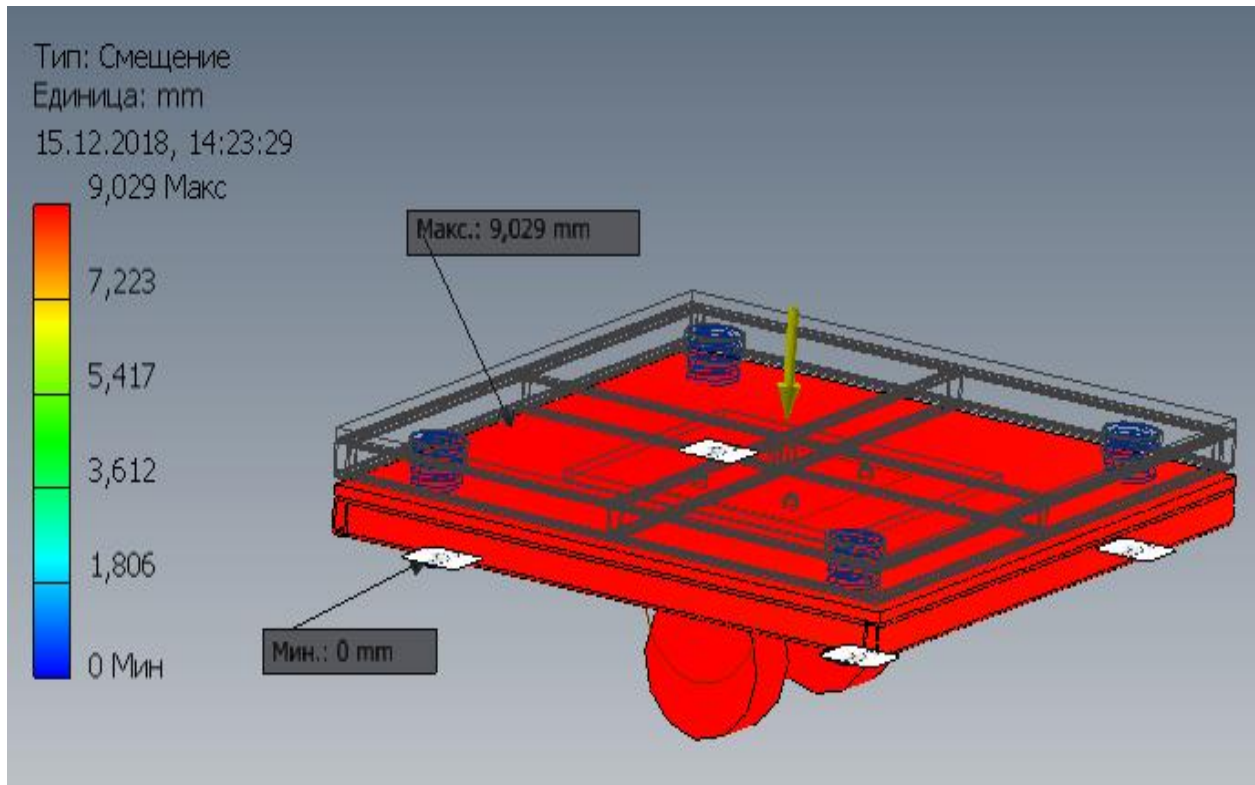


Рис.4.9. Зміщення

На рис 4.10. Виведені розрахунки коефіцієнта запасу міцності. Як видно найменший коефіцієнт запасу міцності має пружина $k_{\text{зап.}}=1,73$. Оскільки $k_{\text{зап.}}=1,73 > [k_{\text{зап.}}] = 1,5$, то умова міцності виконується.

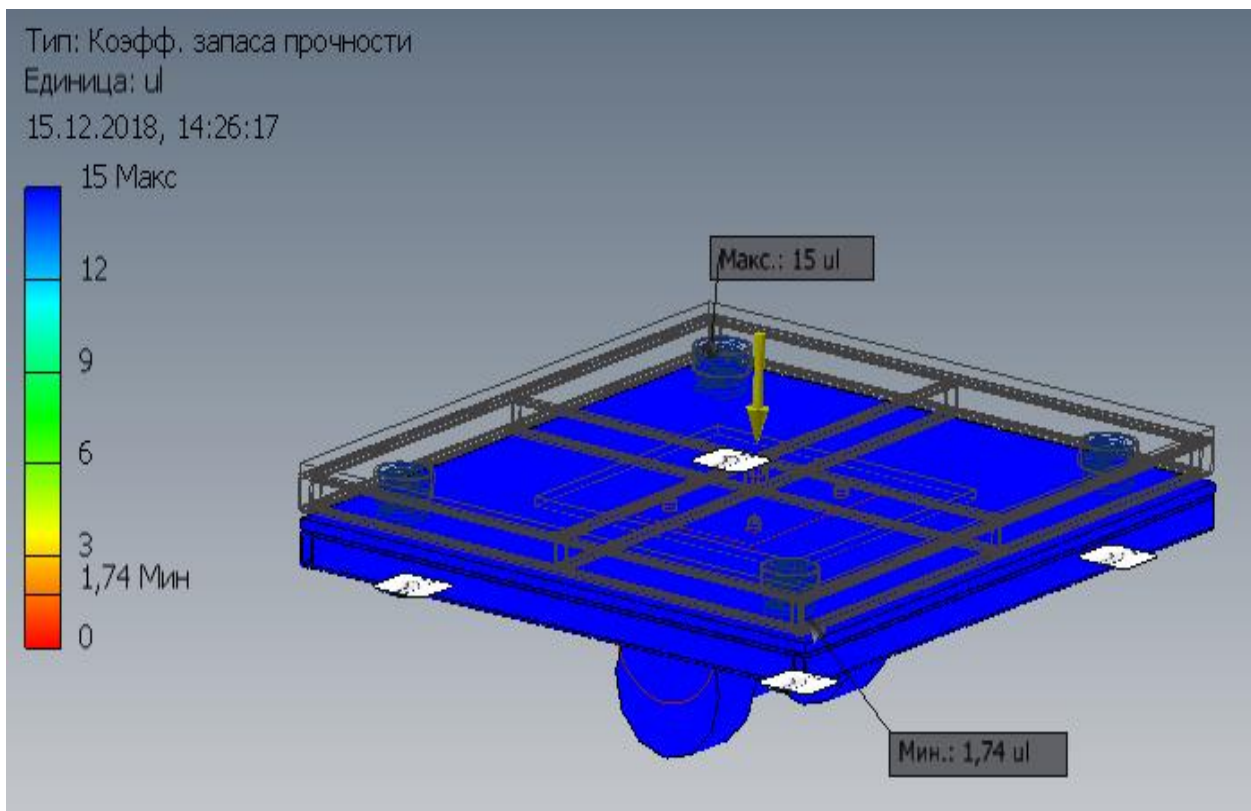


Рис.4.10. Коэффициент запаса прочности.

4.4.1. Розрахунок та вибір пружини.

Виконаємо розрахунок геометрії пружини.

Як відомо

$$k = \frac{G \times r^4}{4nR^3}$$

де $k=142,59\text{Н/мм}$ – жорсткість пружини (з розрахунків),

$G= 78,5\text{ ГПа}$ - модуль зсуву пружної сталі,

r – радіус дроту пружини,

R – середній радіус пружини,

n – кількість витків пружини.

Необхідно визначити діаметр пружини та діаметр дроту пружини.

За відомою формулою

$$D_1 = D + d$$

Де $D_1 = \varnothing 66$ мм – зовнішній діаметр пружини обраний з конструктивних особливостей вібростолу.

Необхідна довжина пружини $L = 120-140$ мм.

Нехай діаметр дроту пружини буде рівний $d = 10$ мм.

Тоді найближча пружина з каталогу [5] розмірами $d = 10$ мм, $D_1 = \varnothing 65$, $L = 140$ мм, $n = 10,9$.

Розрахуємо жорсткість пружини :

$$k = \frac{G \times r^4}{4nR^3} = \frac{7,85 \times 10^{10} \times (5 \times 10^{-3})^4}{4 \times 10,9 \times (30 \times 10^{-3})^3} = 164 \text{ Н / мм}$$

Дана пружина задовольняє жорсткісні характеристики, та підходить по геометричним параметрам.

4.5. Аналіз напружено-деформованого стану каркаса методом скінчених елементів.

Каркас даного механізму представляє собою зварну з стандартного металопрокату конструкцію загальний вид якої наведений на рис.4.11.

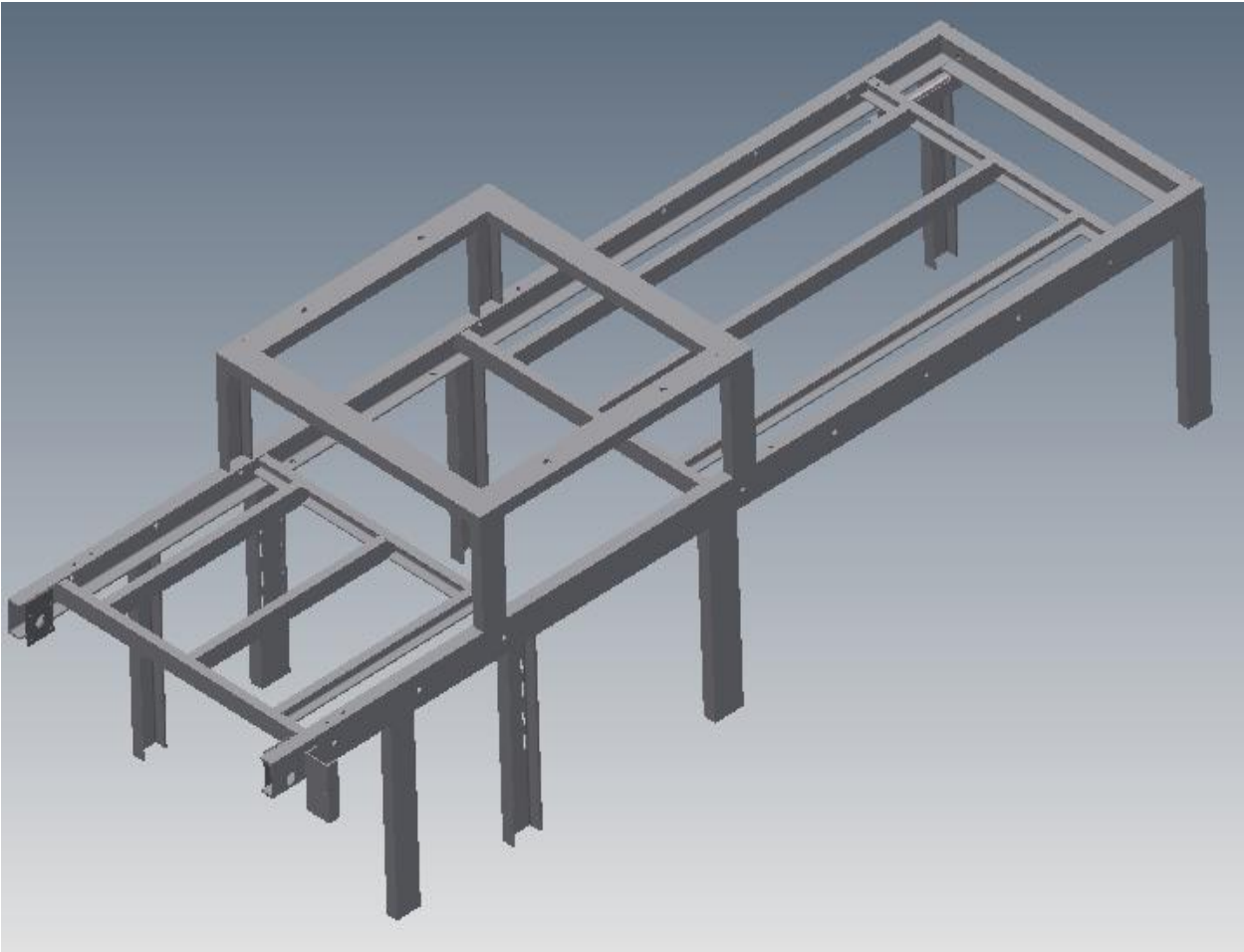


Рис.4.11. Конструкція каркаса.

На зверху на настройку за допомогою чотирьох шпильок встановлюється механізм горизонтального переміщення рами з кулачками. Загальною вагою 325 кг.

З низу станини встановлений стіл з вібромотором. Вібростіл кріпиться до рами, яка з'єднується з каркасом за допомогою шпильок. Вага вібростолу з рамою 317 кг.

Розрахуємо яке зусилля передається кожною шпилькою на каркас.

Збоку механізму горизонтального переміщення рис.4.12:

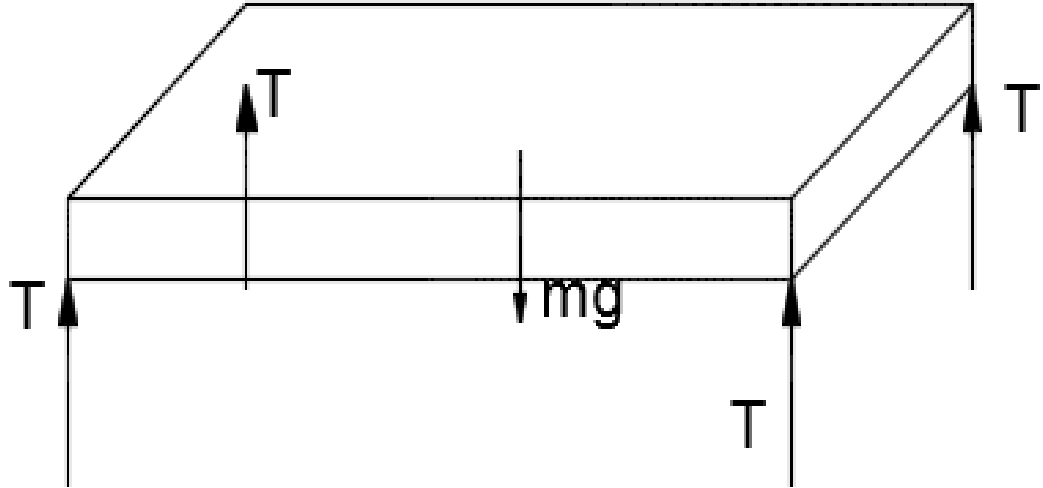


Рис. 4.12. Розрахункова схема сил з боку механізму горизонтального переміщення.

$$T = \frac{P}{4}$$

де T -сила в шпильці,

P - вага

$$P = mg ,$$

Де $m = 325$ кг,

$g=9,8$ м/с²- гравітаційна стала

$$P = 325 \times 9,8 = 3185H$$

$$T = \frac{3185}{4} = 796,25H$$

Дана сила розподілена по ділянці $\varnothing 36$ мм.

Тому тиск від розподілений по ділянці $\varnothing 36$:

$$p = \frac{4T}{\pi d^2} = \frac{4 \times 796,25}{\pi \times 36^2} = 0,783 \frac{H}{\text{mm}^2} = 0,783 \text{МПа}$$

Розрахункова схема зусиль, що передаються на каркас з боку вібростола рис.4.13:

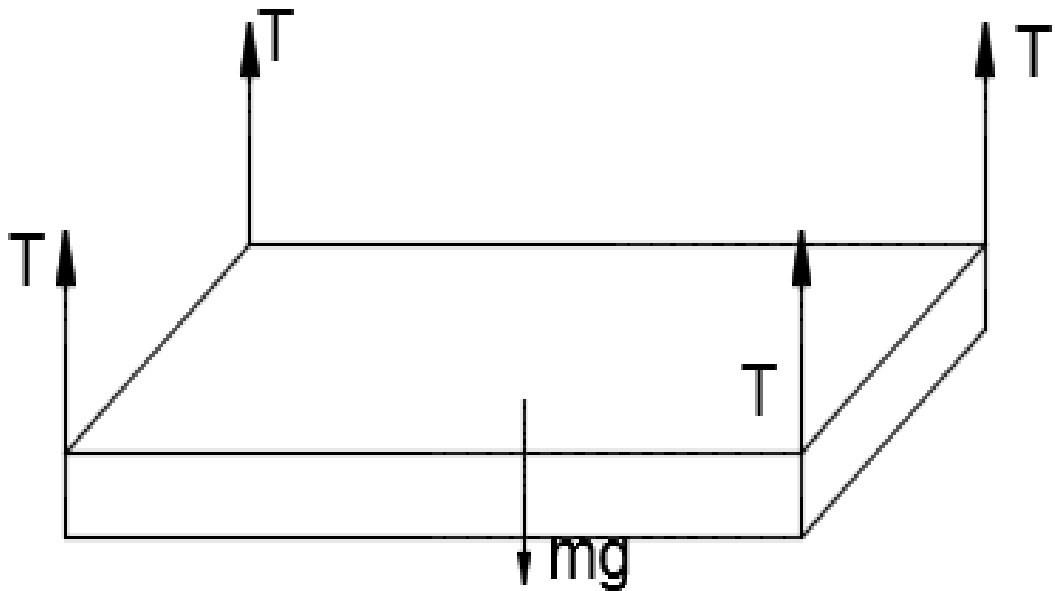


Рис.4.13. Розрахункова схема сил з боку вібростола.

$$T = \frac{P}{4}$$

де T -сила в шпильці,

P - вага

$$P = mg ,$$

Де $m = 317$ кг,

$g=9,8$ м/с²- гравітаційна стала

$$P = 317 \times 9,8 = 3106,6H$$

$$T = \frac{3106,6}{4} = 776,65H$$

Дана сила розподілена по ділянці $\varnothing 30$ мм.

Тому тиск від розподілений по ділянці $\varnothing 30$:

$$p = \frac{4T}{\pi d^2} = \frac{4 \times 776,65}{\pi \times 30^2} = 1,098 \frac{H}{\text{mm}^2} = 1,098 \text{МПа}$$

Відділимо площину дії на 3Д моделі відповідно до джерела[4] рис.4.14.

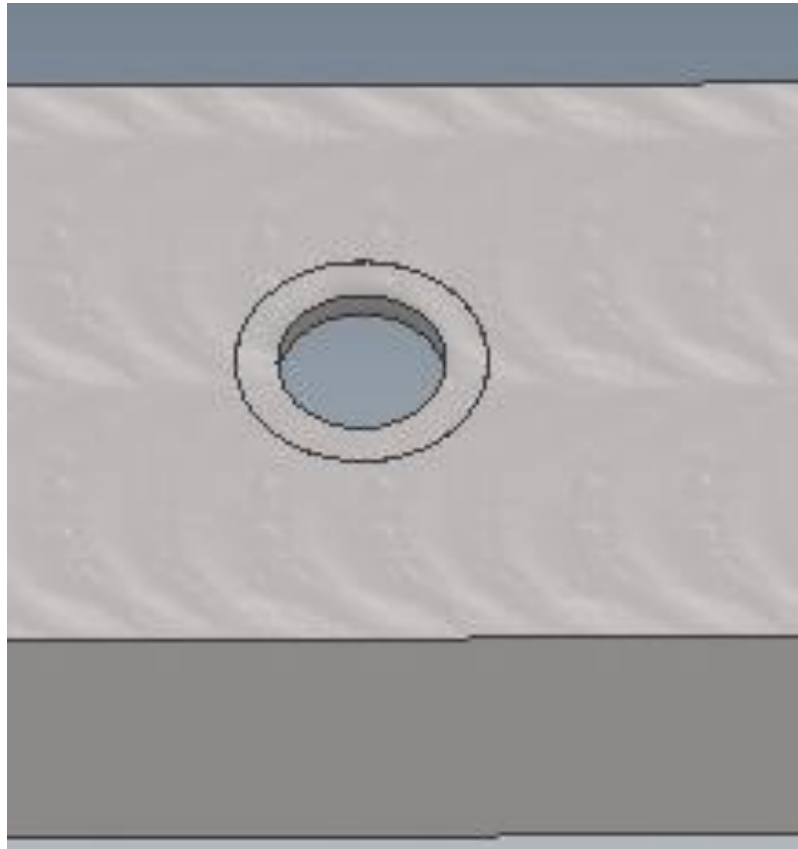


Рис.1.14.Відділення площини.

Оскільки дана конструкція стоїть на ніжках то на них накладемо залежність фіксації рис. 4.14

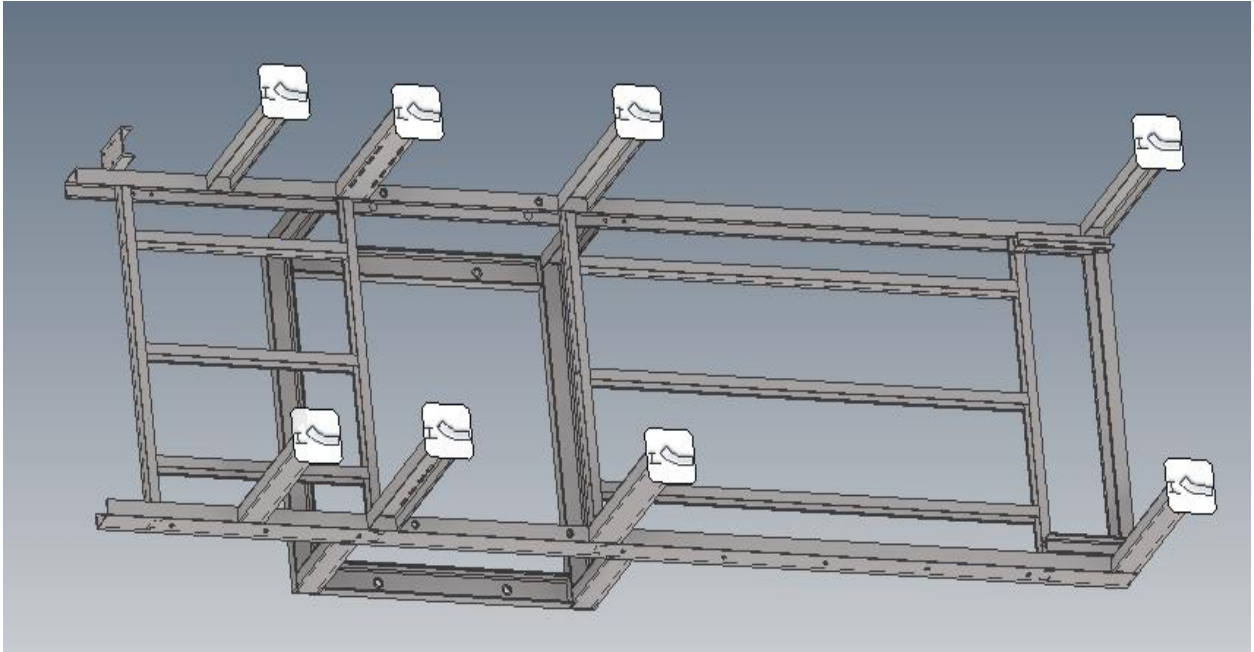


Рис.4.15. Фіксація ніжок.

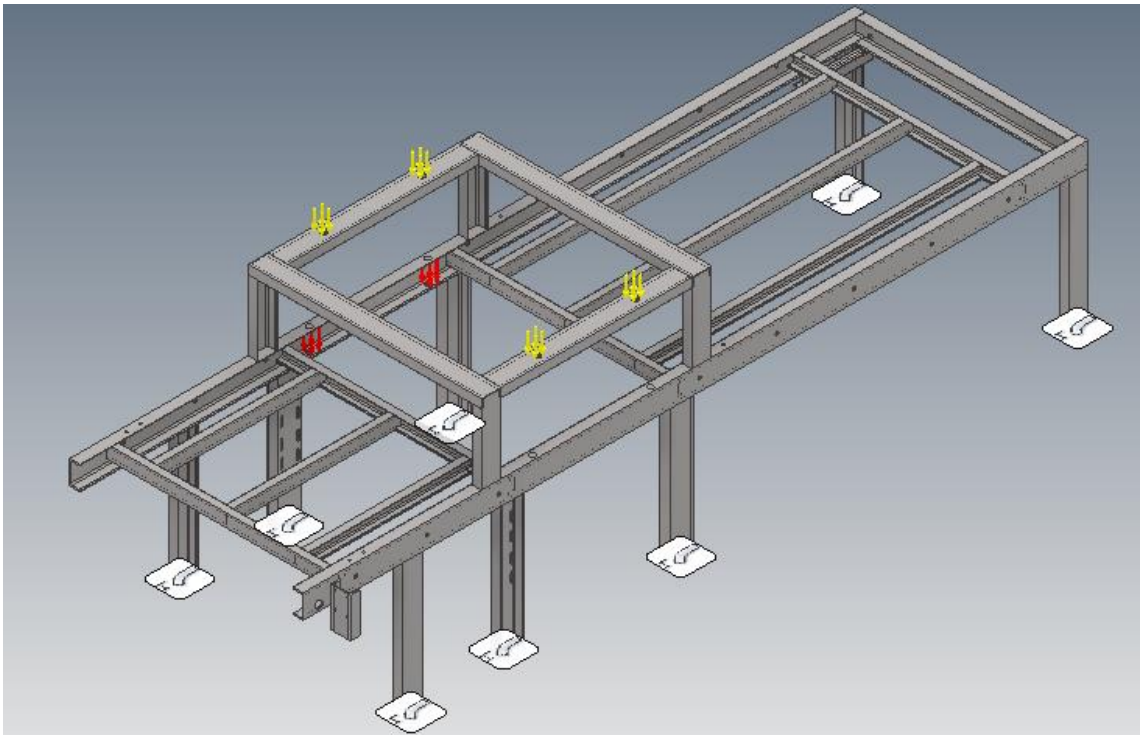


Рис.4.16. Розрахункова схема каракасу.

Між всіма елементами накладемо контакти типу «Связано», оскільки даний каркас є зварною конструкцією з стандартного профілю металопрокату. Даний тип контакту необхідно використовувати при розрахунку зварних конструкцій[4].

Параметри накладеної сітки наведені на рис.4.17.

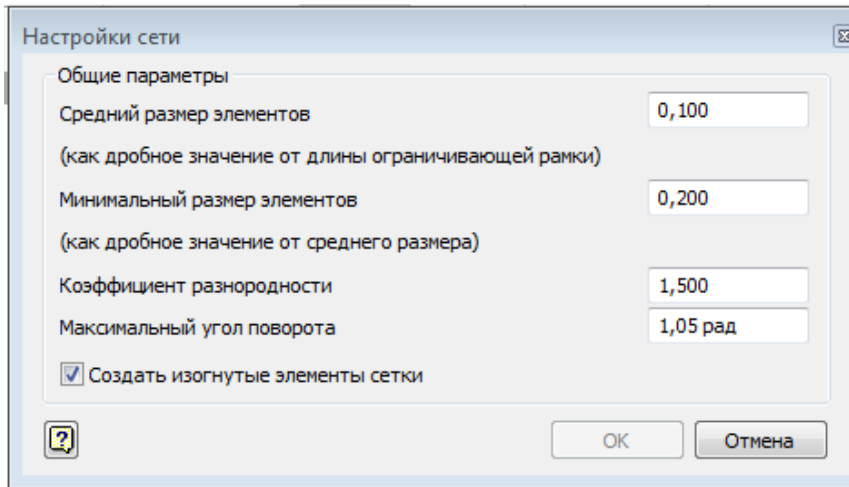


Рис.4.17. Параметры сітки.

Дані про матеріал розрахунку представлені в таблиці 4.3

Таблица 4.5. Дані матеріалу каркаса.

Имя	Сталь, мягкая, сварочная	
Общие	Массовая плотность	7,85 г/см ³
	Предел текучести	207 МПа
	Окончательный предел прочности растяжения	345 МПа
Напряжение	Модуль Юнга	220 ГПа
	Коэффициент Пуассона	0,275 бр
	Модуль упругости при сдвиге	86,2745 ГПа
Имена деталей	Рама машины старения	

Результати розрахунку наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Результати розрахунку.

Имя	Минимальная	Максимальная
Объем	34664500 мм ³	
Масса	272,116 кг	
Напряжение по Мизесу	0,0000189969 МПа	17,4656 МПа
1-ое основное напряжение	-2,43638 МПа	14,2851 МПа
3-е основное напряжение	-18,4064 МПа	1,62752 МПа
Смещение	0 мм	0,112874 мм
Коэфф. запаса прочности	11,8519 бр	15 бр
Напряжение XX	-17,7864 МПа	8,90799 МПа
Напряжение XY	-5,56958 МПа	5,24517 МПа
Напряжение XZ	-7,17487 МПа	7,618 МПа
Напряжение YY	-6,77947 МПа	4,46618 МПа
Напряжение YZ	-3,5338 МПа	4,08086 МПа
Напряжение ZZ	-12,9569 МПа	14,0887 МПа
Смещение по оси X	-0,0126392 мм	0,00854125 мм
Смещение по оси Y	-0,112178 мм	0,00311809 мм
Смещение по оси Z	-0,0259005 мм	0,0237352 мм
Эквивалентная деформация	0,00000000075975 бр	0,0000702597 бр
1-ая основная деформация	-0,00000171148 бр	0,0000636155 бр
3-я основная деформация	-0,0000813102 бр	0,00000242031 бр

Деформація ХХ	-0,0000777165 бр	0,0000400956 бр
Деформація ХУ	-0,0000322783 бр	0,0000303981 бр
Деформація ХZ	-0,0000415816 бр	0,0000441498 бр
Деформація УУ	-0,000025019 бр	0,0000223437 бр
Деформація УZ	-0,00002048 бр	0,0000236504 бр
Деформація ZZ	-0,0000565355 бр	0,0000624772 бр
Контактне тиск	0 МПа	61,43 МПа
Контактне тиск по осі Х	-53,3476 МПа	51,2726 МПа
Контактне тиск по осі У	-29,1157 МПа	38,9646 МПа
Контактне тиск по осі Z	-10,7125 МПа	9,27428 МПа

Напруження по Мізесу представлені на рис.4.18.

З картинки видно, що найбільше напруження є на надстройці каркасу, де встановлюється механізм горизонтального переміщення платформи з кулачками.

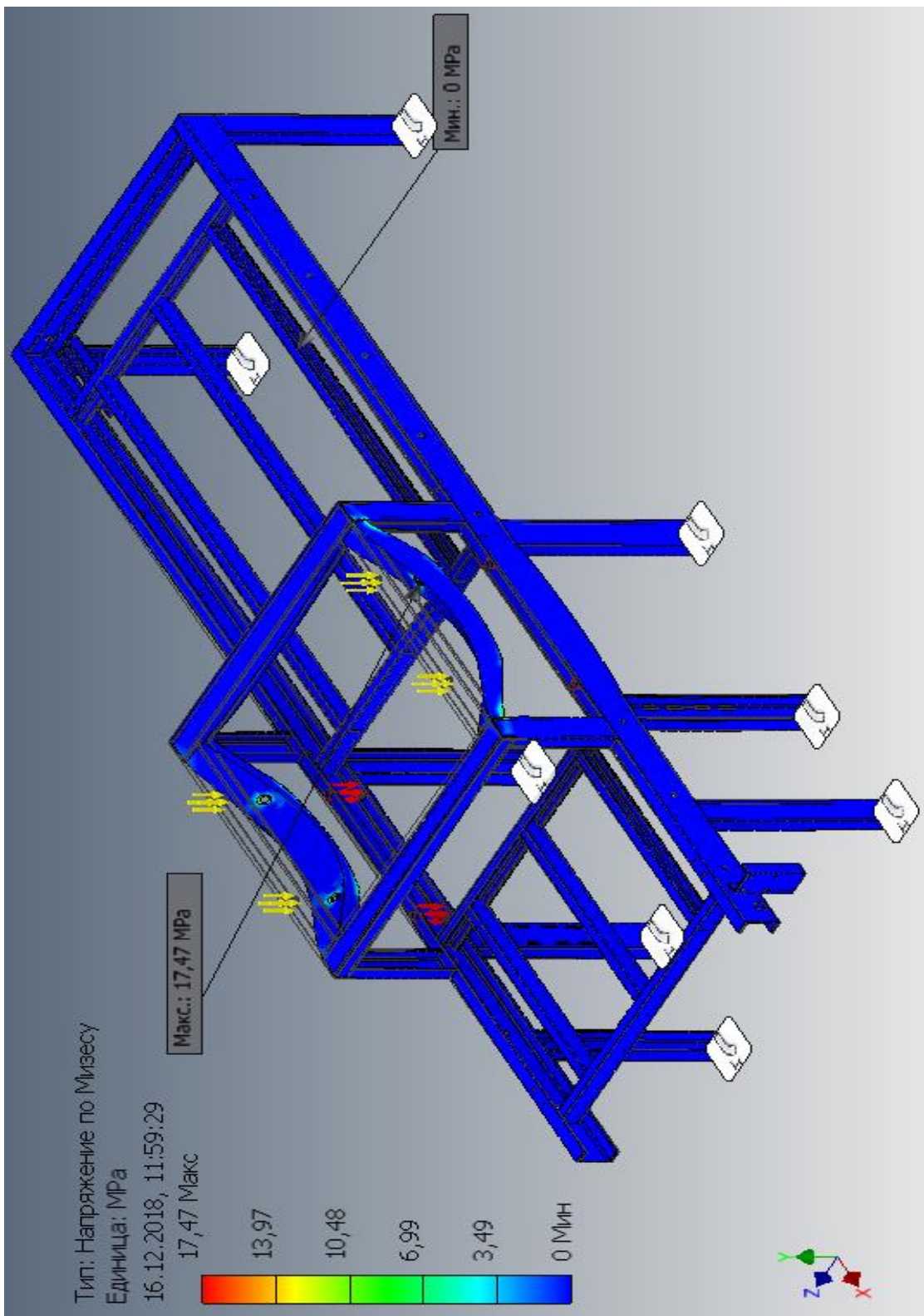


Рис.4.18. Напруження по Мізесу каркасу.

На рис.4.19 представлено зміщення каркасу. Як видно найбільше зміщення має надстройка 0,1129 мм.

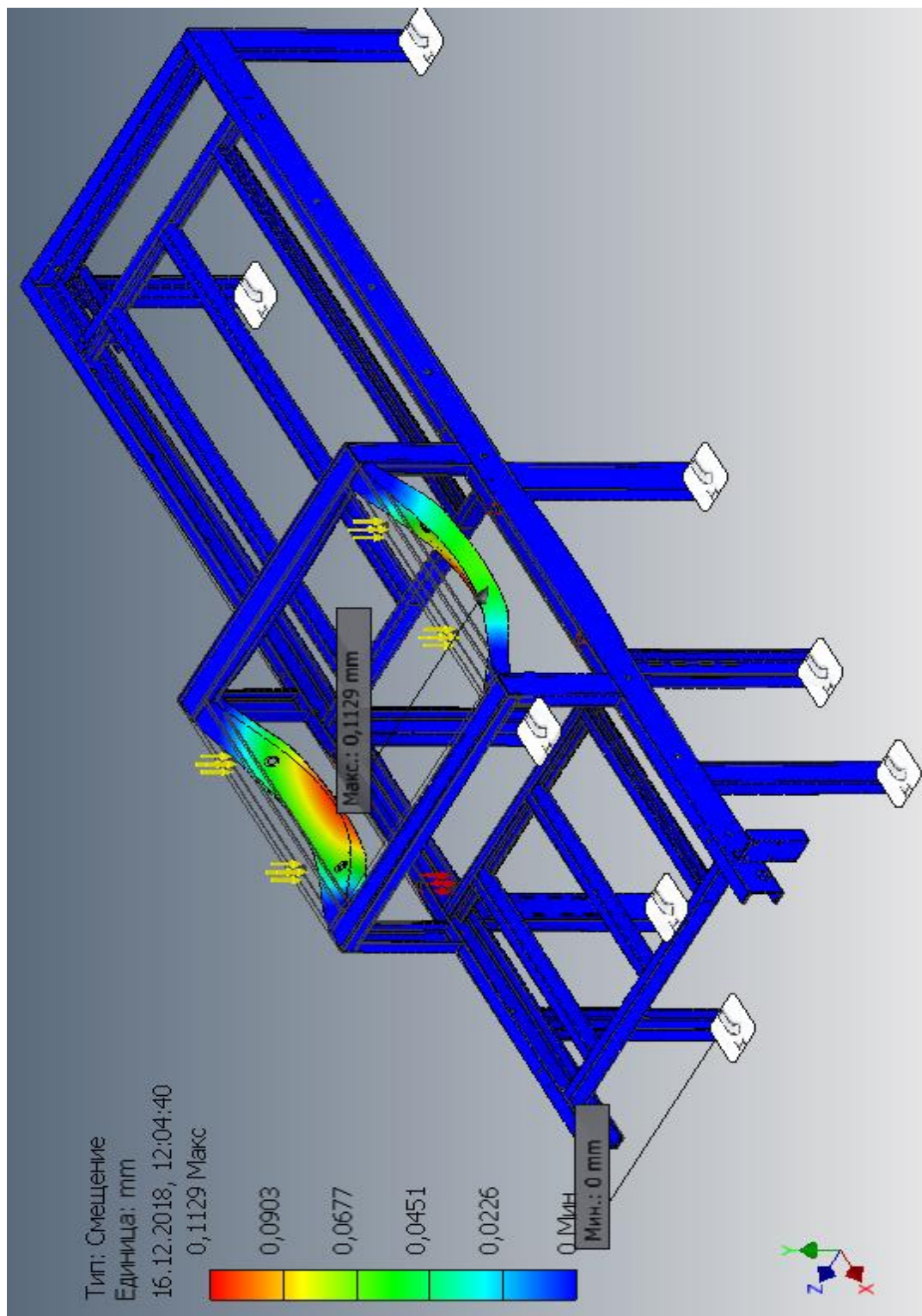


Рис.4.19. Зміщення каркасу.

На рис 4.20. Виведені розрахунки коефіцієнта запасу міцності. Як видно найменший коефіцієнт запасу міцності має пружина $k_{зап.}=11,85$. Оскільки $k_{зап.}=11,85 > [k_{зап.}] = 1,5$, то умова міцності виконується.

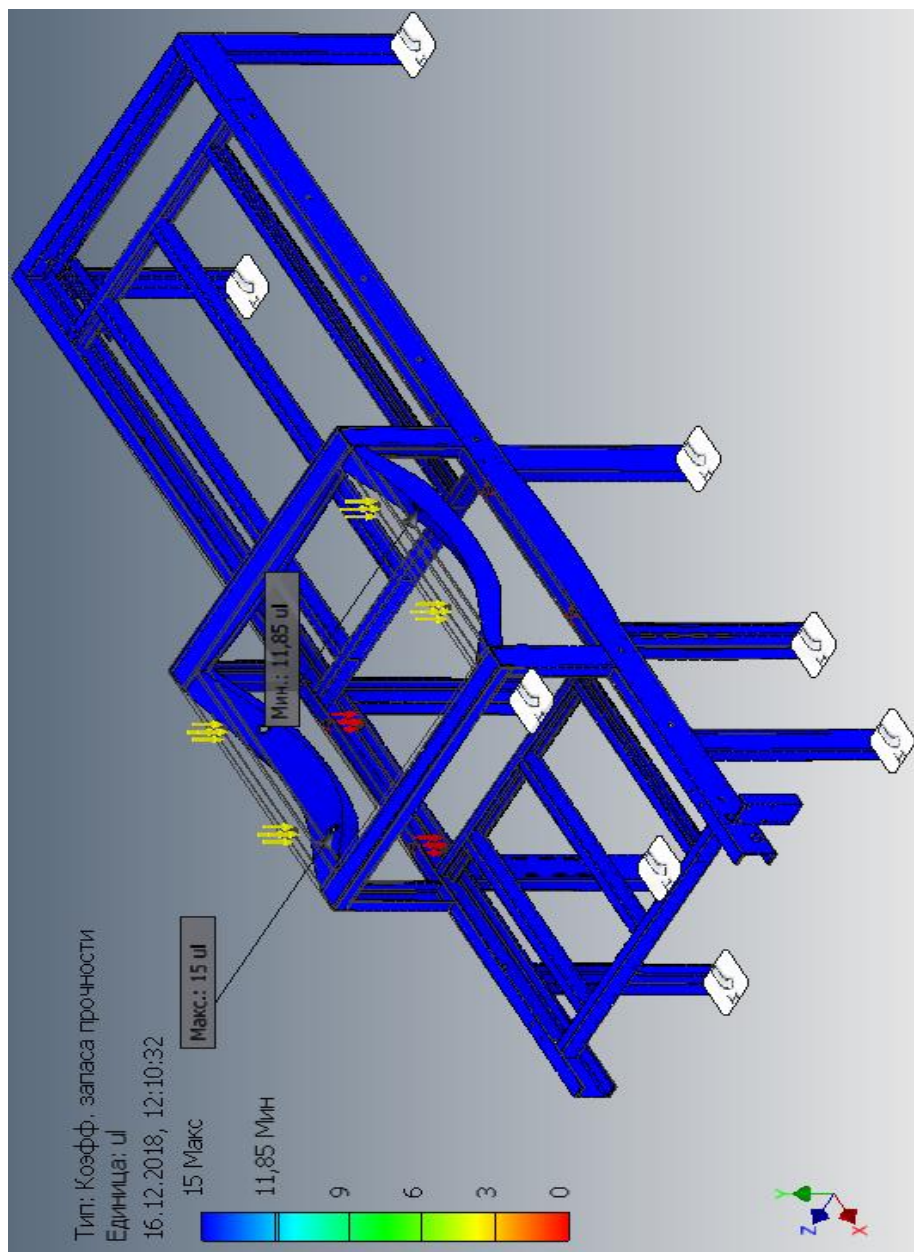


Рис.4.20. Значення коефіцієнту запасу міцності.

Висновки по розділу:

1. В даному розділі були проведені розрахунки і вибрані необхідні приводи для механізму подачі заготовки в робочу зону (МЧ4-40 з номінальною частотою обертання на вихідному валу 45об/хв, обладнаного

двигуном АИР 100 А4 3 кВт на 1500 обертів) та привод механізму горизонтального переміщення рамки (Мотор-редуктор МЧ-63-53 з номінальною частотою обертання вихідного валу 56 об/хв, та номінальним крутним моментом вихідного валу 100 Нм. Оснащеного двигуном АИР 80 А6 1 кВт на 1000 обертів , масою 36 кг.)

2. Було розраховано та вибрано вібромотор (MVSI 15/1710-S02 потужністю $P=1$ кВт з статичним моментом $M_{\text{стат.}} = 710 \text{ кг} \cdot \text{мм}$ і вагою $m = 50$ кг).

3. Було вибрано необхідні пружини вібростолу та ланцюги подачі.

4. Було проведено статичний розрахунок каркасу механізму та вібростолу.

Литература

1. Производитель оборудования для производства бетонных изделий [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://www.techmatik.pl/ru/katalog-produktow/>.
2. Производитель оборудования для обработки бетонных изделий [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.dit-equip.com/NewEquipment/SharkyHighSpeedSplitter>.
3. Производитель оборудования для обработки бетонных изделий [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.k-b-h.de/med/kbh-maschinenbau>.
4. Хесс Тула. Каталог продукции [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа до ресурсу: <https://hesstula.ru/catalog/hess-tula>.
5. Pat. 0339308 . EP B28D1/28. Verfahren und Vorrichtung zum kunstlichen Altern von Betonssteinen sowie kunstlich gealterter Betonstein / SF – Vollverbundsteln-kooperftion GmbH/ 89105859.6, 04/04/89, 02.11.89 Patentblatt 89/44.
6. Пат. 2393086 РФ МПК В28D1/30 (2006.01), В 28В11/08 (2006.01) Способ и устройство для искусственного состаривания камней / Гебхарт Ханс(DE), Штэле Манфред(DE), Вернер Роланд(DE). 2008102231/03 заявл. 09.05.2006; опубл. 27.06.2010 Бюл.№18
7. Пат. 2592918 РФ МПК В28D1/30 (2006.01) Устройство и способ искусственного старения камней / ГЕБХАРТ Ханс(DE), ШТЭЛЕ Манфред(DE). 2014119942/03 заявл. 16.10.2012; опубл. 27.07.2016 Бюл. №33
8. Заявка на изобретение 2014 119942 РФ МПКВ28D1/00 (2006.01) Устройство и способ искусственного старения камней / Бфуштоффверке Гебхарт унд Зене Гмбн Унд КО. КГ. Заявл. 16.10.2012, опубл. 27.11.2015 Бюл. №33.

9. Електронний каталог світових патентів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://patents.google.com/patent/EP0339308A1/de?oq=EP0339308>.
10. Дворкін Л.Й. Бетони і будівельні розчини / Дворкін Л.Й. 2008.
11. В.С. Бондарєв, О.І. Дубинець, М.П. Колісник, С.В. Бондарєв, Ю.П. Горбатенко, В.Я. Барабанов «Підйомно-транспортні машини. Розрахунки піднімальних і транспортувальних машин»: Підручник для студентів вищих навчальних закладів – Київ. «Нова школа», 2009 р. – 732с.
12.) Гейчук, В. М. Оптимізація вузлів і деталей верстатів та машин за допомогою модуля «Анализ напряжений» AutodeskInventor [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Прикладна механіка» / В. М. Гейчук, К. М. Рудаков ; НТУУ «КПІ» ; відп. ред. О. О. Боронко. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,72 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 176 с. – Бібліогр.: с. 162-164. – Назва з екрана. – Доступ:
<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15414>.
13. <http://www.vibromotor.ru/selection.html>.
14.) <http://www.prugini-spb.ru/sites/default/files/files/katalogue.pdf>.