Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація мікромлина для цукру з дослідженням його конструктивних елементів на міцність

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МОмз-61
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

(підпис) Бабин Н.В. (прізвище та ініціали)

Керівник (підпис) Вітенько Т.М. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль (підпис) Ворощук В.Я. (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри (підпис) Вітенько Т.М. (прізвище та ініціали)

Рецензент (підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ОХ
_____ Вітенько Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 2020 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Бабин Назарій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Модернізація мікромлина для цукру з дослідженням його конструктивних елементів на міцність
Керівник роботи Зварич Наталя Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
Затверджені наказом ректора від « *31* » *серпня* 2020 року № *4/7-602.*
2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2020 року
3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту мікромлина для цукру А2-ШИМ.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Анотація. Вступ. 1. Аналіз сучасного стану об'єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження. 2. Методи та методика досліджень. 3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об'єкта дослідження. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.1 Заходи з охорони праці. 5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Мікромлин марки А2-ШИМ. Вигляд загальний.(1 л. ф.А1)
2. Мікромлин марки А2-ШИМ. Структурна схема.(0.5 л. ф.А1)
3. Мікромлин марки А2-ШИМ. Кінематична схема.(0.5 л. ф.А1)
4. Вузол приводу ротора мікромлина марки А2-ШИМ. Складальне креслення.(1 л. ф.А1)
5. Вузол ротора мікромлина марки А2-ШИМ. Складальне креслення.(1 л. ф.А1)
6. Розрахункові схеми для експериментальних комп'ютерних досліджень.(1 л. ф.А1)
7. Результати експериментальних комп'ютерних досліджень диска ротора.(1 л. ф.А1)
8. Результати експериментальних комп'ютерних досліджень молотка з легованої сталі.(1 л. ф.А1)
9. Результати експериментальних комп'ютерних досліджень молотка зі сталі 1020.(1 л. ф.А1)(1 л. ф.А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	*Кравець О.І.– к.т.н., доц.* *Стручок В.С. – ст. викл.*		
Нормоконтроль	*Ворощук В.Я. – к.т.н., доц.*		

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація		
2	Вступ		
3	1. Аналіз сучасного стану об’єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.		
4	2. Методи та методика досліджень		
5	3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об’єкта дослідження.		
6	5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.		
7	5.1 Заходи з охорони праці.		
8	5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.		
9	Висновки		
10	Перелік посилань		
11	Графічна частина		
12	Мікромлин марки А2-ШИМ. Вигляд загальний.		
13	Мікромлин марки А2-ШИМ. Структурна схема.		
14	Мікромлин марки А2-ШИМ. Кінематична схема.		
15	Вузол приводу ротора мікромлина марки А2-ШИМ. Складальне креслення.		
16	Вузол ротора мікромлина марки А2-ШИМ. Складальне креслення.		
17	Розрахункові схеми для експериментальних		
18	Результати експериментальних комп'ютерних досліджень диска ротора.		
19	Результати експериментальних комп'ютерних досліджень молотка з легованої сталі.		
20	Результати експериментальних комп'ютерних досліджень молотка зі сталі 1020.		

Студент _____ *Бабин Н.В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ *Вітенько Т.М.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Автор дипломної роботи: Бабин Назарій Володимирович.

Тема дипломної роботи Модернізація мікромлина для цукру з дослідженням його конструктивних елементів на міцність.

Кваліфікаційну роботу виконано в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2020 році

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки обсягом 76 сторінок (32 рисунки) та графічної частини 8 креслень формату А1.

В кваліфікаційній роботі пропонуються заходи з модернізації мікромлина для цукру з дослідженням його конструктивних елементів на міцність.

Завданнями дипломної роботи є:

проведення аналізу конструкцій технологічного обладнання для подрібнення та закономірностей його роботи;

розробка заходів з модернізації мікромлина для цукру;

конструктивні та енергетичні розрахунки мікромлина для цукру;

комп’ютерне дослідження конструктивних елементів мікромлина для цукру на міцність;

аналіз отриманих результатів;

розробка заходів з охорони праці і техніки безпеки;

вирішення питань безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: цукор, дробарка, подрібнення, молоток.

Abstract

Babyn N. V. Sugar microgrinder modernization including the study of its structural members durability. 133 “Industrial Machinery Engineering” – Ternopil Ivan Puluj National Technical University.-Ternopil, 2020.

Measures to modernize sugar microgrinder including the study of its structural members durability are proposed in the qualifying paper.

The tasks of this graduate work are:

analysis of technological equipment designs for grinding and patterns of its work;

development of measures to modernize sugar microgrinder;

design and energy calculations of sugar microgrinder;

computer research of the structural elements of sugar microgrinder for durability;

analysis of the obtained results;

development of measures for workers’ protection and safety;

solving emergency life safety issues.

Keywords: sugar, grinder, grinding, hammer.

Зміст

Анотація 4

Abstract 5

Зміст.....6

Вступ.....8

1. Аналіз сучасного стану об’єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.....10

1.1 Аналіз процесу подрібнення 10

1.1.1 Загальні відомості про подрібнення.....10

1.1.2 Вимоги до подрібнювачів і їх продукції.....12

1.1.3 Загальні вимоги до подрібнюючих машин.....13

1.2 Особливості подрібнюючих машин і технологій подрібнення.....14

1.3 Способи руйнування, вживаних в сучасних подрібнюючих машинах ударної дії 16

1.4. Аналіз та короткий опис об’єкту дослідження. 27

1.5. Техніко – економічне обґрунтування модернізації. 28

1.6. Мета та задачі кваліфікаційної роботи. 29

2. Методи та методика досліджень.....30

2.1. Вибір і обґрунтування методів і засобів досліджень,.....30

2.2. Алгоритм і методики проведення комп’ютерного дослідження. 31

3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об’єкта дослідження. 32

3.1 Опис будови і роботи мікромлина марки А2-ШИМ 32

3.2 Технологічний розрахунок мікромлина марки А2-ШИМ 34

3.3 Технологічний розрахунок шнекового дозатора цукру мікромлина марки А2-ШИМ 35

3.4 Кінематичний аналіз мікромлина марки А2-ШИМ.....36

3.5 Конструктивні розрахунки вузла рортора мікромлина марки А2-ШИМ.....39

3.6. Конструкторський розрахунок подаючого шнека 44

3.7 Розрахунок потужності для приводу дозатора 49

3.8. Технічна експлуатація мікромлина марки А2-ШИМ.....50

4. Комп'ютерне моделювання робочих органів макромлина.....51

4.1. Постановка завдань дослідження. 51

4.2. Результати моделювання форм для сиру під навантаженням. 52

4.3. Аналіз результатів 62

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 63

5.1 Заходи з охорони праці. 63

5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях. 67

Висновки 74

Перелік посилань.....75

Додатки.....77

Вступ

В умовах функціонування вільного ринку товарів і послуг та сильної конкуренції, якість готових виробів є головним чинником успішної роботи не тільки дрібних, але й великих виробництв.

Без якісної цукрової пудри не обходиться виготовлення жодного виду кондвиробів, тому її наявність пудри, і до того ж необхідної якості, є на даний момент одним з найважливіших завдань у кондитерських виробництв. Наприклад, при випуску усіх видів драже необхідна цукрова пудра належної якості, бо використання цукрової пудри більш великого помолу і неоднорідною за величиною частинок дає у результаті вироби з невисокими смаковими якостями та горбистою поверхнею.

Завданнями дипломної роботи є

проведення аналізу конструкцій технологічного обладнання для подрібнення та теоретичних закономірностей його роботи;

розроблення заходів з модернізації мікромлина та виконання відповідних розрахунків;

техніко-економічне обгрунтування прийнятих рішень.

вибір методики та інструментарію проведення досліджень;

виконання запланованих досліджень;

технічні рекомендації щодо впровадження результатів досліджень;

розробка заходів з техніки безпеки;

вирішення питань цивільної безпеки.

Об’єкт дослідження. Об’єктом дослідження був напружено-деформований стан у елементів мікромлина при навантаженні.

Предмет дослідження. Мікромлин для цукру.

Методи досліджень. В роботі використані експерементальні і теоретичні методи досліджень.

Наукова новизна.

- Встановлено, що диск ротора найбільш навантажений у місцях примикання осей підвісу молотків, інші зони можна вибрати і облегшити диск.

- Встановлено, що найбільш небезпечними з точки зору міцності у молотків є зона примикання перемички (молотка) і зона отворів, де молоток підвішується на вісь.

- Встановлено, що молотки з легованої сталі мають більший запас міцності і менше деформуються при роботі.

- Розроблена комп'ютерна модель для розрахунку молотків.

Одержані в роботі результати можуть бути застосовані для оцінки роботи аналогічних діючих та розробленні нових конструкцій молоткових дробарок для цукру, модернізації існуючих, а також для вибору режимів їхньої роботи.

Результати, представлені у магістерській роботи були показані на IX Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» 25-26 листопада 2020 року.

Магістерська кваліфікаційна робота складається із п'яти частин, додатка та графічної частини обсягом 8 аркушів А1.

1. Аналіз сучасного стану об’єкту дослідження, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження.

1.1 Аналіз процесу подрібнення

1.1.1 Загальні відомості про подрібнення

Подрібнення є процесом механічного руйнування твердих тіл під дією зовнішніх сил.

Залежно від габаритів руйнованих тіл і цілей організації їх руйнування процес передбачає руйнування або одного, або декількох, або більшої кількості тіл.

У промисловості організація процесу руйнування тіл передбачає масове подрібнення потоку твердих тіл. Ця особливість промислового подрібнення висуває на перший план пошук найбільш ефективних способів подрібнення твердих тіл.

Серед відомих способів промислового подрібнення виділяються розчавлювання, розколювання, стирання, різання, удар обмежений і удар вільний.

Реалізація способів промислового подрібнення припускає переважання одного з названих способів. Разом з цим у будь-якій реалізації є присутніми у більшій або меншій мірі усі способи подрібнення.

Процес подрібнення залежно від розміру подрібнюваного матеріалу поділяється на велике, середнє і дрібне дроблення, а залежно від властивостей подрібнюваного матеріалу ділиться на подрібнення твердих, крихких, в'язких, пластичних, маслянистих, легкоплавких, липких, зрощених волокнистих, м'яких і інших матеріалів. Крім того розрізняють відкритий і замкнутий цикл, мокре і сухе подрібнення. Зазвичай розглядають практичні питання комплексно з урахуванням усіх вищезгаданих класифікацій.

На практиці часто використовується подрібнення ударом. Це пов'язано, передусім, з економічністю його технічної реалізації при масовому подрібненні твердих тіл. Подрібнення вільним ударом припускає організацію взаємодії предметів і засобів руйнування, а також рухи вхідних і вихідних потоків твердих

тіл і їх частин. Окрім цього потрібна локалізація процесу і управління потоками твердих тіл і роботою засобів їх руйнування.

Промислова реалізація подрібнення має ряд особливостей, серед яких можна виділити наявність таких властивостей предметів руйнування, як їх вологість, в'язкість, пружність і тому подібне. У зв'язку з цим, подрібнення цих предметів вимагає розробки подрібнювачів спеціальної цільової конструкції.

До слів, що містять приставку "над-" слід відноситися дуже обережно. Річ у тому, що в сучасних умовах технічного прогресу стало дуже модним вживати різні слова і вирази, що містять приставку "над-". Зазвичай словами, що містять приставку "над-" означали якусь якісну або кількісну характеристику предмета або явища відносно деякого відомого еталонного значення цієї характеристики. Так, слово "надзвуковий" однозначно вказує на те, що дана швидкість перевищує швидкість звуку. Якщо ж ми скажемо "надвисока температура", то точне значення цього словосполучення дати дуже важко. Адже "надвисока температура" порівнюється з "високою температурою", що виражає досить невизначену температурну характеристику. Що стосується словосполучення "надтонка частка", то цей вираз також відноситься до ряду виразів з досить невизначеним і неясним сенсом. Словами "надтонка частка" фахівці зазвичай означають частки порошкових матеріалів, що мають розміри менше, ніж розміри існуючих традиційних матеріалів, що випускаються промисловістю.

Йдеться про тонкозернисті матеріали, що є початковими компонентами для отримання нових керамічних матеріалів, металевих порошків, композиційних матеріалів, а також неорганічних речовин, таких як цукрова пудра, харчові порошки та ін. В професійній мові фахівців надтонкозернисті матеріали називаються "Надтонкими порошками". У загальному вираженні "надтонку частку" відносять до порошкових матеріалів, частки яких менші від часток матеріалів, що традиційно випускаються промисловістю. Незважаючи на проведений аналіз значення вираження "надтонкі частки", мабуть слід дати точне визначення цього словосполучення. На практиці, застосовуючи звичайні технології подрібнення, отримують порошкові матеріали з тонкістю часток до 3

мкм. Загальновизнано, що механічним подрібненням отримувати порошкові матеріали з частками менше 3 мкм дуже важко. Це пов'язано передусім з необхідністю економії енергії при виробництві порошкових матеріалів.

1.1.2 Вимоги до подрібнювачів і їх продукції

До процесу подрібнення пред'являється ряд природних вимог - реалізовності, економічності і його ефективності. Окрім цього істотними є вимоги до продукції подрібнення, які витікають з її призначення : для згодовування в натуральному виді або у складі кормових сумішей, для штучної сушки у високотемпературних сушарках або механічного обезводнення, гранулювання або брикетування, приготування сінажу або силосу.

У одному випадку продукція подрібнення має бути однорідною, в іншому випадку мати допустиму дисперсність, в третьому - допустимі лінійні розміри подрібнених частин.

Вимоги до процесу і продукції подрібнення істотно враховуються при виборі або розробці подрібнювача.

З підвищенням вимог найчастіше ускладнюється конструкція подрібнювача, збільшується його вартість. У зв'язку з цим істотне значення має пошук такої конструкції подрібнювача, яка дозволяла б задовольнити більше вимог до процесу і продукту подрібнення.

Конструкція подрібнювача обов'язково враховує взаємодію робочих органів машин з технологічною масою, якість і енергоємність процесів подрібнення, а також їх залежність від фізико-механічених характеристик технологічної маси - структури, вологості гранулометричного складу (розмірів), щільності, об'ємної маси, забрудненості чужорідними предметами, коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього тертя, кута природного відкосу, міцності часток (зернових), опірності стебел і коренеплодів подрібненню.

При конструюванні подрібнювачів зернових продуктів необхідно враховувати їх вологість, від якої значною мірою залежать якість і енергоємність

подрібнення. Технологічна надійність роботи подрібнювачів кормів також залежить від вологості. Збільшення питомої енергоємності подрібнення зерна при підвищенні його вологості пояснюється відповідною зміною в'язкості оболонок зерна. При надмірному зволоженні зерно з пружно-крихкого стану переходить в пластично-в'язке, тобто втрачає здатність дробитися на дрібні частини.

1.1.3 Загальні вимоги до подрібнюючих машин

Найсуттєвішими побажаннями, що пред'являються до обладнання для подрібнення харчових мас, є наступні. Всі основні вузли подрібнювачів (приводні, передаточні і виконавчі) мають бути сконструйовані так, щоби в процесі оброблення сировини якнайбільш ретельно забезпечувалася потрібна степінь подрібнення, збереження поживної цінності та якісних характеристик та мінімізація втрат оброблюваної сировини.

У процесі подрібнення не повинні мати місце значні зусилля стискання, а теплові характеристики подрібненої маси не повинні перевищувати рекомендовані для даного типу продукту.

Не можна допускати потрапляння у робочі зони мастил, частинок металу, корозії металевих деталей та інших сторонніх включннь.

Деталі, які мають контакт з сировиною та продуктом, повинні бути зроблені з корозійно стійких матеріалів. Зазвичай основними причинами утворення корозії є некоректний підбір матеріалу чи захисних елементів та значна шорсткість поверхонь деталей.

Будова робочих вузлів повинна бути зручною для демонтажу і монтажу, мати простий доступ для проведення санітарного миття да дезінфекції та видалення решток сировини та напівфабрикатів.

Елементи електричної та електронної частин, електроапаратура, проводка, елементи керування та автоматики мають бути зроблені у водорезистентній чи герметичній реалізації, бути оснащеними спеціальними водонепроникними захисними елеиментами. Також всі електричні елементи слід надійно заземлити.

Елементи КВП та пускового оснащення рекомендовано монтувати в окремому корпусі, який розміщують у робочій зоні машини.

Експлуатаційна надійність і довговічність машин для подрібнення харчових і м'ясних продуктів і кормів обумовлені рядом чинників, які можна підрозділяти на конструкційні, технологічні і експлуатаційні.

1. До конструкційних чинників відносяться динаміка і кінематика машини, жорсткість усієї конструкції і окремих її вузлів, форма і конфігурація різальних інструментів і деталей подрібнюючого механізму, вибір марки матеріалу для їх виготовлення, міри точності (квалітета в системі 180), посадки і класу шорсткості.

2. Технологічними чинниками є технологія отримання заготовок, вживаних для виготовлення різальних інструментів і деталей, формоутворення з них напівфабрикатів, способи поверхневого зміцнення, відновлення і обробки поверхні робочих деталей і інструментів.

3. До експлуатаційних чинників відносяться правильність монтажу окремих вузлів машини і устаткування в цілому, дотримання правил і вимог при установці машини за місцем; наладка механізмів і пристроїв; наявність вібрації і корозуючого середовища; стан мастильних олій, пристроїв і періодичність мастила; якість технічного обслуговування і ремонту; рівень підготовки і кваліфікація обслуговування і ремонтного персоналу і інші.

1.2 Особливості подрібнюючих машин і технологій подрібнення

При дробленні і подрібненні твердих продуктів рідко вдається отримати продукт необхідного гранулометричного складу. Зазвичай продукти подрібнення складаються з часток різних розмірів і форм і з них доводитися виділяти потрібні фракції. Розділення подрібнених і подрібнених часток за величиною здійснюється двома способами: розсіванням або класифікацією.

Останнім часом подрібнювачі, вживані в області надтонкого подрібнення, працюють в парі зі вбудованим відцентровим класифікатором, тобто в цих

подрібнювачах поєднана камера подрібнення і камера класифікації, що у свою чергу забезпечує підвищення продуктивності по готовому продукту, зниження енергії на процес і поліпшення умов праці.

До основних недоліків подрібнювачів, працюючих спільно в парі з класифікатором, можна віднести їх високу первинну вартість в порівнянні з подрібнювачами, працюючими без процесу класифікації.

Подрібнювачі, працюючі в парі з класифікатором, незалежно від його конструкції і виконання, можна розглядати як машини, що складаються з двох основних вузлів і механізмів :подрібнюючого і класифікуючого.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що зміна параметрів процесу класифікації робить більший вплив на гранулометричний склад готового продукту, ніж зміна параметрів процесу подрібнення.

Однією з умов для нормальної роботи подрібнювача зі вбудованим класифікатором є те, що продуктивність подрібнювача і класифікатора повинні співпадати. Якщо продуктивність подрібнювача більша, ніж класифікатора, то класифікатор не устигатиме пропускати подрібнені частки і станеться завал подрібнювача. Якщо, навпаки, класифікатор не повністю завантажений, то він працює в холостому режимі, що призводить до зниження продуктивності і збільшення питомої витрати енергії на процес. Крім того класифікатор повинен відповідати усім вимогам, що пред'являються до нього. Ці вимоги полягають передусім в наступному:

- різке обмеження верхньої межі величини часток подрібненого продукту;
- відсутність "влітаючих" часток;
- робота класифікатора в жорсткому режимі, тобто незалежність встановленої межі розділення від режиму роботи подрібнювача;
- класифікатор повинен пристосовуватися до спеціальних вимог відносно класифікації незалежно від особливостей подрібнювача.

З усіх існуючих конструкцій класифікаторів, відцентрові більш повно відповідають вимогам, що пред'являються.

1.3 Способи руйнування, вживаних в сучасних подрібнюючих машинах ударної дії

Розглянемо існуючі і перспективні способи подрібнення, а також млини, робота яких заснована на цих способах.

Усю безліч конструкцій млинів можна розділити на дві групи: з веденими (закріпленими) тілами, що мелють, і не закріпленими тілами, що мелють. У свою чергу ведені тіла, що мелють, можуть бути закріплені жорстко і рухливо. Енергія повідомляється тілам, що мелють, за допомогою сили тяжіння або відцентровими, пульсуючими і вібраційними силами.

Передача енергії, як правило, пов'язана із стахостическим процесом, тому шматки і частки, подрібнюваного матеріалу одночасно випробовують цілу гамму навантажень : що вигинає, розтягує, зрізує

що зрушує і ударну.

Нині для руйнування матеріалу використовуються наступні способи подрібнення.

1. Вільне і обмежене ударне руйнування часток.

2. Самоздрібнення при зіткненні часток подрібнюваного матеріалу.

3. Електротермічне руйнування.

4. Подрібнення за рахунок ударної хвилі, що створюється ультразвуковими коливаннями, за допомогою механічного збудження гідравлічних ударів або збуджуваного в рідині іскровим розрядом.

5. Подрібнення за рахунок різкого скидання тиску, при якому частки руйнуються від скипання рідини, що знаходиться в тріщинах частки. Це так званий Снайдер-процес.

При винаході снайдер-процесу до нього було приковано велику увагу. Дослідження подрібнення скиданням тиску не дало очікуваного результату, а для малотріщинуватих матеріалів і тонкого подрібнення цей спосіб взагалі виявився безперспективним.

Подрібнення за рахунок формування ударної хвилі в рідині за допомогою збудження гідравлічного удару має низький ККД зважаючи на значні втрати на деформацію рідини. Крім того, самі млини мають низьку надійність, а продукти помелу сильно забруднюються із-за кавітації, що виникає в процесі подрібнення. Млини цього класу можуть знайти застосування у тому випадку, якщо необхідно окрім подрібнення здійснити процес диспергування.

Подрібнення іскровим розрядом досі не вийшло за межі лабораторних досліджень із-за низької ефективності процесу руйнування і високих вимог, що пред'являються до апарату, в якому здійснюється процес.

Електротермічне подрібнення, здійснюване за рахунок підведення до зразка високої напруги або напруги високої частоти, може бути використане тільки для руйнування брил негабаритів.

Нині перспективнішим є вільне або обмежене ударне руйнування, а також самоздрібнення при зіткненні шматків або часток матеріалу. Це обумовлено наступними причинами.

1. Гранулометричний склад готового продукту досить легко регулюється зміною двох параметрів : швидкістю і числом вантажень.

2. Залежно від властивостей подрібнюваного матеріалу і його розміру існує оптимальна швидкість вантаження, що дозволяє понизити питомі енерговитрати на одиницю знову освіченої поверхні.

3. Отримання часток потрібної форми і вибірковість процесу подрібнення.

4. Дозволяє отримувати продукт підвищеної активності (механохімія).

Малі розміри, висока тонина подрібнення, мале намелювання сторонніх матеріалів, невеликі енерговитрати забезпечують млинам ударної дії все більшу популярність в промисловості. Все більше число робіт присвячується дослідженню процесів, що відбуваються при ударному вантаженні. Так, наприклад, Румпф Х. відмічає істотні переваги способу руйнування вільним ударом.

Відомо, що вартість млинів ударної дії, віднесена до одиниці їх продуктивності, в 1,5-5,5 разів нижча, ніж в інших подрібнювальних установках.

Маючи перелічені вище переваги, млини ударної дії знайшли широке застосування в усіх галузях промисловості, де необхідно мати високодисперсні порошки.

Подрібнювачі ударної дії дозволяють отримати кінцевий продукт близько 0,05 мм і менш, з часток з початковим розміром до 25 мм. Подрібнення в цих млинах здійснюється найчастіше в результаті багатократного зіткнення часток дробленого матеріалу з поверхнею твердого тіла. Напруга, що виникає в подрібнюваних частках при передачі енергії, що забезпечують руйнування, залежить, головним чином, від відносної швидкості удару, а також від пружних і міцнісних властивостей тіл, що беруть участь в дробленні. У сучасних млинах для тонкого помелу застосовуються швидкості вантаження від 40 до 350 м/сек.

Перевагою сучасних млинів ударної дії є те, що їх конструкції дозволяють розвивати швидкості вантаження часток до 350 м/сек. Це стало можливим завдяки застосуванню високоміцних і зносостійких матеріалів, а також завдяки створенню конструкцій, в яких розгін часток здійснюється один назустріч одному (струминні млини, дезінтегратори, відцентрові протитечійні і співісні протитечійні млини).

Усі млини ударної дії можна розділити за способом повідомлення енергії, необхідної для руйнування подрібнюваного матеріалу, на три класи.

1. Розгін часток за рахунок стислого повітря або перегрітої пари з метою руйнування їх об нерухому плиту (наприклад, струминні млини).

2. Розгін часток за рахунок відцентрових сил з подальшим руйнуванням їх об нерухомі плити (наприклад, відцентрові млини) або в протитечіях (наприклад, відцентрово-протитечійні млини).

3. Руйнування часток безпосереднім ударом робочого органу (наприклад, роторні млини).

Розглянемо млини кожного класу. Струминні млини відносяться до першого класу млинів. Вони є апаратами, в яких здійснюється розгін часток за рахунок стислого повітря або перегрітої пари з подальшим вантаженням їх об нерухому плиту або при взаємному зіткненні часток, що рухаються з великими швидкостями один назустріч одному.

Струминні млини все ширше впроваджуються в різні галузі нашої промисловості. Ось вже більше 25-ти років як в Росії розпочато серійне виробництво цього типу млинів.

Великий внесок у розвиток цих млинів внесли такі дослідники, як Акунов В. І., Ребіндер П. А., Поляков О. І., Бай Ш. і багато інших.

Використання розгону часток струменем газу з надзвуковими швидкостями витікання і принципу протитечії дозволило в струминних млинах здійснити надтонке подрібнення, тобто отримати продукт з розміром часток близько мікрона. Окремі конструкції струминних млинів дозволяють досягти продуктивності до 10 т/година.

Але разом з переліченими вище перевагами є у цих млинів і недоліки:

1) для розгону часток потрібна велика кількість стислого повітря або пари;

2) висока споживана енергія;

3) для виділення подрібнених часток з повітря, особливо при тонкому помелі, потрібно спеціальне очисне облаштування дуже великих розмірів, оскільки в процесі подрібнення використовуються великі швидкості вантажень.

Відцентрові млини відносяться до другого класу. Вони, як правило, складаються з диска, на якому здійснюється розгін матеріалу і відбійних плит, де відбувається руйнування часток. Плити закріплені по колу на корпусі млина. На відміну від молоткових і роторних млинів у відцентрових відбувається вантаження матеріалу тільки один раз, після цього матеріал виводиться з млина потоком повітря. Для отримання тоншого матеріалу на виході млина встановлюють класифікатор, який повертає великі частки на повторне подрібнення.

Перевага цього млина полягає в тому, що в ній конструктивно легше отримати швидкості вантаження, близько 350-400 м/сек, які часто визначають тонину подрібнення.

Недоліком цієї конструкції є те, що на відміну від молоткових і роторних млинів в них здійснюється тільки одне вантаження. Другий недолік обумовлений

тим, що вантаження подрібнюваного матеріалу здійснюється на відбійній плиті, тому готовий продукт містить високий відсоток намелювання.

Роторні млини відносяться до третього класу. У них подрібнюваний матеріал при проходженні зони помелу піддається багатократному вантаженню. У тому випадку, якщо необхідна тонина помелу не досягнута, то роторний млин агрегатується з виносним або вбудованим класифікатором.

Достоїнствами млинів цього типу є порівняно невеликі витрати електроенергії, досягнення великих производительностей, простота конструкцій, невелике намелювання сторонніх домішок і отримання високої тонкості.

Разом з достоїнствами у роторних млинів є і недоліки, найістотніший з яких, як і для усіх млинів ударної дії - швидкий знос робочих елементів, особливо при подрібненні матеріалів підвищеної абразивності.

Наявні конструкції млинів ударної дії вже не можуть задовольняти усі зростаючі запити промисловості. Тому необхідно мати млини як для тоншого помелу, так і для ряду нових подрібнюваних матеріалів.

Конструювання нових типів млинів пов'язане, з одного боку, з прагненням створити млини, які краще були б пристосовані для виконання окремих завдань по подрібненню, з іншого боку, з прагненням зменшити число нових типів млинів з тією метою, щоб наявні машини могли вирішувати завдання, що виникають перед іншими машинами подібного класу.

Оскільки нині подрібненню піддає уся зростаюча кількість матеріалів, і є для цього велика кількість млинів, то виникає питання: які матеріали прийнятніше подрібнювати в тому або іншому типі млинів? Для цього необхідно усі наявні типи млинів привести в систему. Першою спробою до вирішення цієї проблеми була класифікація млинів, запропонована Таггартом А.Ф.

В молоткових дробарках обробна сировина руйнується ударом, задіюючи кінетичну енергію обертових молотків. Їх розрізняють за будовою основного робочого органа на молоткові, дезінтегратори, дисмембратори і роторні.

Подрібнювачі ударної дії використовують для матеріалів, у яких невисокі і середні міцнісні характеристики. Їх використовують для дроблення багатьох

видів сировини харчової та хімічної промисловості. З матеріалами такого типу ці дробарки можуть досягати значних ступенів подрібнення, а ефективність конструкції, мала металоємність, та зручність обслуговування і ремонту роблять вигідним їхнє використання.

При робот молоткових подрібнювачів матеріал подрібнюється переважно від удару молотків, підвішених на осі до ротора, закритого корпусом з футеруваннм на базі броньових плитам (рис. 1.1.).

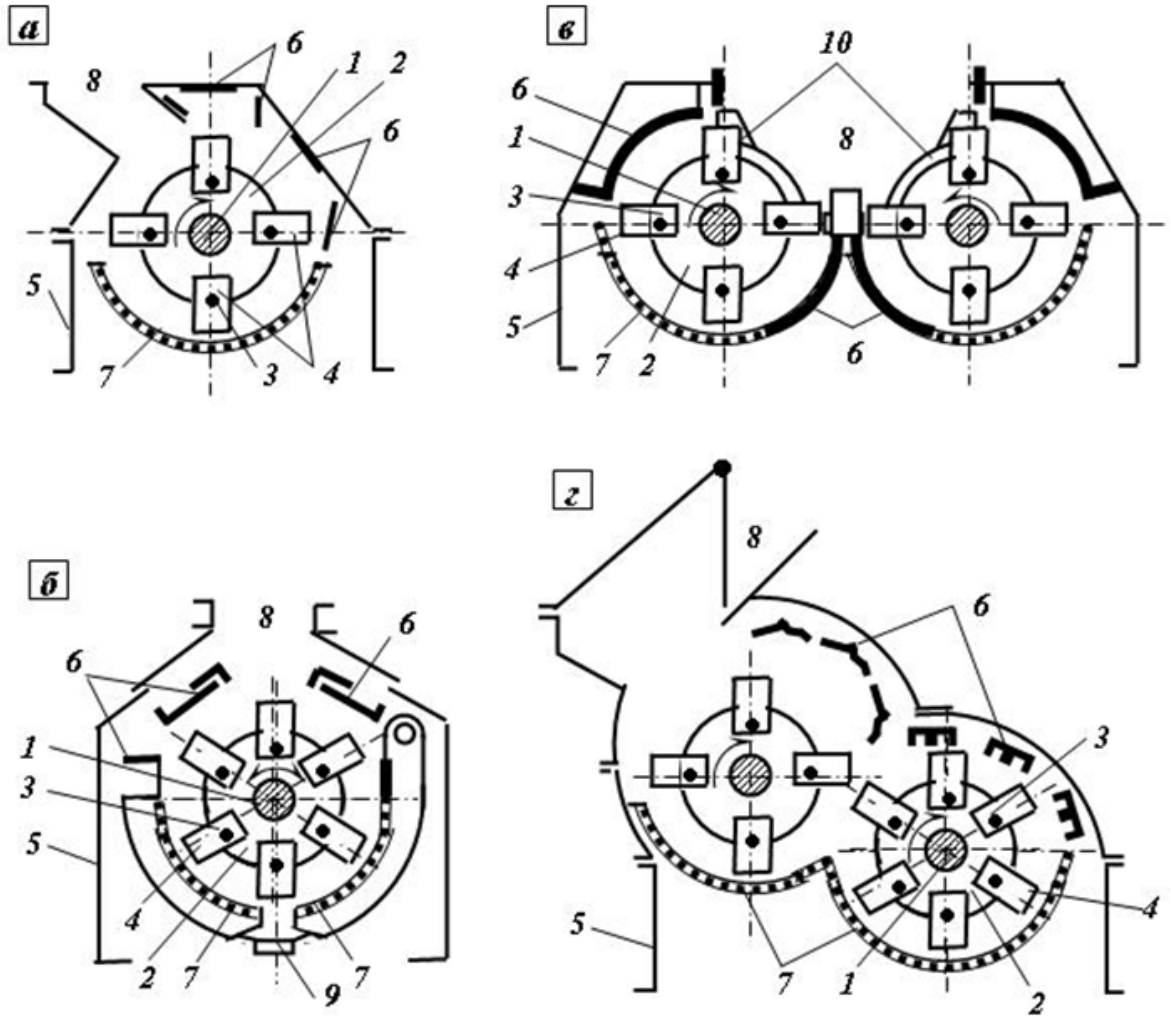
Молотки б'ють по частках та зі силою відкидають їх на футеровані стінки корпуса. Дроблення часток, таким чином, спричинюється від ударів молотків, ударів часток до плит футерування та роздушування і стиранням часток молотками на колосниковій гратці. Роздроблений продукт вивантажується під дією сил тяжіння до низу. Молоткові дробарки можуть мати з колосникові решітками, а можуть виготовлятися без них. Дробарки, які оснащені колосниковими решітками застосовують для подрібнення сировини з нормованими макмимальними розмірами подрібненої частки, переважно це дрібніше дроблення. На молоткових дробарках, у яких не передбачено конструкцією колосникові решітки отримують частки необхідних розмірів за рахунок підбору високої частоти обертання ротора. Молоткові дробарки виготовляють з обертовим рухом ротора в основному і зворотньому напрямках. Можливість реверсу ротора у таких дробарках, дає змогу рівномірно використовувати обидва боки молотків без необхідності розборки дробарки.

За кількістю робочих валів молоткові дробарки виділяють: а) одноротрні; б) дворотрні. Двороторні мають більші геометричні розміри завантажувальної горловини, ніж в однороторних. Це дає змогу дробити матеріал з великими кусками. Колова швидкість для вершин молотків складає (35 - 65) м/с у деяких випадках до 115 м/с.

Молоткові дробарки застосовують для грубого, середнього і дрібного дроблення сировини. Загальний ступінь дроблення молоткових дробарок $i_{М.Д}$ = 30–40. Вони мають високу питому продуктивність на одиницю маси, також питомі затрати енергії на дроблення у них є меншими, ніж у конусних і вальцевих.

Однороторна нереверсивна молоткова дробарка

Однороторний молотковий подрібнювач (рис. 1.1) типу М має основні вузли: корпуса, ротора, футеровані плити і колосникова гратка.



Рису. 1.1. Схеми основних типів молоткових дробарок.

Однороторні: а- нереверсивна; б – реверсивна.

Двороторні: в – паралельного дроблення; г – послідовного дроблення.

1 – горизонтальний вал; 2 – ротор; 3 – осі молотків; 4 – молотки; 5 – корпус дробарки; 6 – футеровочні плити; 7 – колосникова решітка; 8 – завантажувальна лійка; 9 – уловлюючи камера; 9 – фігурні колосники.

Верхню 1 та нижню 2 половини корпуса виконують з литива або зварюють зі сталевих елементва. Біля бічних перегородок корпуса монтують підшипники, в

яких має змогу обертатися вал 6 ротора 3. Ротор є складеною конструкцією, в якій на валу 6 нерухомо зафіксовано диски, у кожному з яких зроблено по шість отворів. Через ці отвори встановлено стержні 5, які є осями для шарнірно встановлених молотків 4.

Верх корпусу футеровано спеціальними відбивними плитами 7, які пожут витримувати багатократні ударні навантаження від подрібнюваних частинок. Знизу корпусу встановлено колоснкову гратку 8, яка займає 40-50% кола, яке описується молотками. Сировина дробиться за рахунок ударів молотків, ударів до відбивних футеровочних плит, роздавлювання та стирання на перфорованій колосниковій гратці. Подрібнений продукт вигружається під дією сили тяжіння крізь колосникову гратку, яка зазавичай виготовляється зі сталі 60С2 чи сталі 45Х і може бути різної геометрії, переважно– трапецієвидної форми із розширенням шпарини в напрямку вивантаження під кутом 10 – 20 градусів.

Шарнірний спосіб встановлення молотків дає змогу уникати поломок при попаданні в робочу камеру дробарки твердих предметів, на які не розрахована дана дробарка

Однороторна реверсивна мо’лоткова дробарка

Основними елементами однороторної реверсивної дробарки (рис. 1.1) типу ДМРЕ є зварний корпус 5, ротор 2 і колосникова гратка 7. У даній дробарці можна регулювати позицію колосникової гратки за допомогою спеціального сервомеханізму. Обертовий момент вал ротора отримує за допомогою муфти від електродвигуна. На валу 1 жорстко зафіксовано диски ротора 2, через отвори 2 яких встановлено стержні вільно висячими на них молотками 4. Вихідний матеріал через завантажувальну горловину 8 потрапляє у робочий простір дробарки, де у результаті багатократних вдарянь молотків 4 і вдарянь до футеровочних плит 6 проходить здрібнення матеріалу. Кінцеве здрібнення сировини роздавлюванням і стиранням відбувається у кільцевому зазорі між колосниковою граткою 8 та кінцями молотків 4. Колосникова гратка складається

з двох однакових секцій, які в верхній частині встановлені на осях, а в нижній опираються на ексцентрики спеціального регулюючого устрою. Повертання ексцентриків дає змогу змінти положення колосникової гратки у залежності від того, який напрямок обертання ротора. Для затримування металевих та інших предметів, які опинились у дробарці випадково, призначена вловлююча камера 9, яка розвантажується по заповненню через деякі періоди часу. Розташування завантажувального отвору 8 по центру горловини дає змогу змінювати напрямок обертового руху ротора. Це є перевагою реверсних дробарок, тому що в них можливе двостороннє застосування молотків без потреби розбирання дробарки для того, щоб їх їхнього поернути. Таким чином, зношення молотків у дробарках цього типу рівномірне з двох сторін.

Молоткова дробарка із паралельним розміщенням двох роторів

Сировину завантажують у спеціальну лійку 8, яку формують торцеві стінки корпуса 5 дробарки та колосникові градки спеціальної форми 10. В процесі обертанні роторів 2 молотки 4 проходять у проміжках між спеціальними фігурними колосниками 10 і при цьому здійснюють дроблення часток сировини. Подрібнена сировини опадає на решітки нижче роторів, де подрібнюється до кінця і возвантажується. Вал 1 обох роторів приводиться через клинопасову передачу, сполучену з окремими електродвигуном. Приводні шківи зроблені важчими, щоби також виконувати функцію маховиків. Також ще на вільних кінцях валів роторів встановлені маховики для того, щоб вирівнювання хід дробарки.

Молоткова дробарка з послідовним розміщенням двох роторів

Молоткова дробарка з послідовним розміщенням двох роторів (рис. 1.1) складається зі звареного корпуса 5, роторів 2 та спеціальних колосникових граток 7, які роміщені нижче роторів. Верхній ротор та нижній ротори з молотками 4

приводяться в рух таким чином, що обертаються в одному і тому ж напрямку. Вище кожного ротору встановлено відбійні плити 6, які підлягають переміщенню під час налаштування дробарки. В процесі роботи дробарки з подрібнення часток матеріалу, який надходить рівномірно і постійно з завантажувальної горловини 8, наносяться удари молотками, сполучениими з верхнім ротором. Частки сирочини розколюються, відкидаються на спеціальні футеровані плити, відскакують від них і далі попадають в зону роботи молотків верхнього чи нижнього ротора. Нижній ротор б'є по грудках, при цьому відкидає ці грудкти на футеровані плити і продавлює матеріал на нижню колосникову гратку. У зоні між двома роторами проходить найбільш інтенсивне подрібнення. Подрібнена сировини вивантажується через щілини спеціальних колосникових граток. Величину подрібненого продукту можна регулювати за рахунок зміни зазорів між молотками та футерованими плитами, а також між молотками і колосниковими гратками.

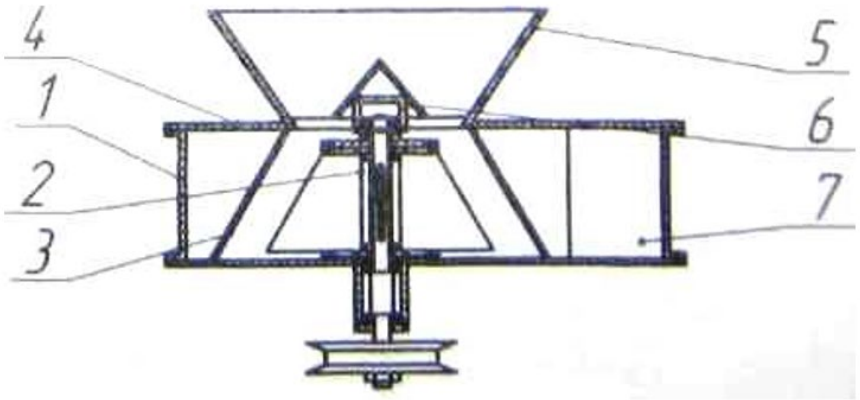


Рис. 1.2. Дробарка молоткова (патент №2317144).

Розробники патенту (2317144С1 МПК В02С9/00) Коротков В.Г. та ін., запропонували таку конструкцію молоткової дробарки (рис. 1.2). В корпусі 1, равликоподібної форми, змонтовано співісну з ротором 2 ситову обичайка 3, у формі зрізаного конуса. Корпус 1 зачиняється вверху кришкою 4, із впускним механізмом 5 та з конічного розподільника для дробленого продукту 6. Ротор 2 зроблено у виконанні крильчатки з шістьма трапецієвидними лопатями 8. Лопаті

8 шарнірно фіксовано у дисках 9,10, які жорстко фіксовано зі стійкою 11, з подовжнім отвіром для вала ротора.

Молоткова дробарка (патент №2317146С1 МПК В02С13/04 Савіних П.О. та ін.) (рис. 1.3) складається з корпусу 1, в якому встановлено знімний кожух 2 та наружні вентилятори 3. На корпусі 1 встановлено електричний двигун 4, на валу якого змонтований молотковий ротор 5 та вентилятор 3.

Молотковий ротор 5 має форму маточини зі внутрішнім 6 і зовнішнім 7 дисками, які сполучені осями 8 з навішаними комплектами молотків. В молотковому роторі 5 на валу двигуна змонтовано ще один вентилятор 9, який має криволінійні лопатки. На внутрішньому диску 6 встановлено лопаті наружного вентилятора 3,складної форми. До внутрішнього боку кришки 10 корпусів 1 дробарки кріпиться решето 11, а до зовнішньої - каменевловлювач 12.

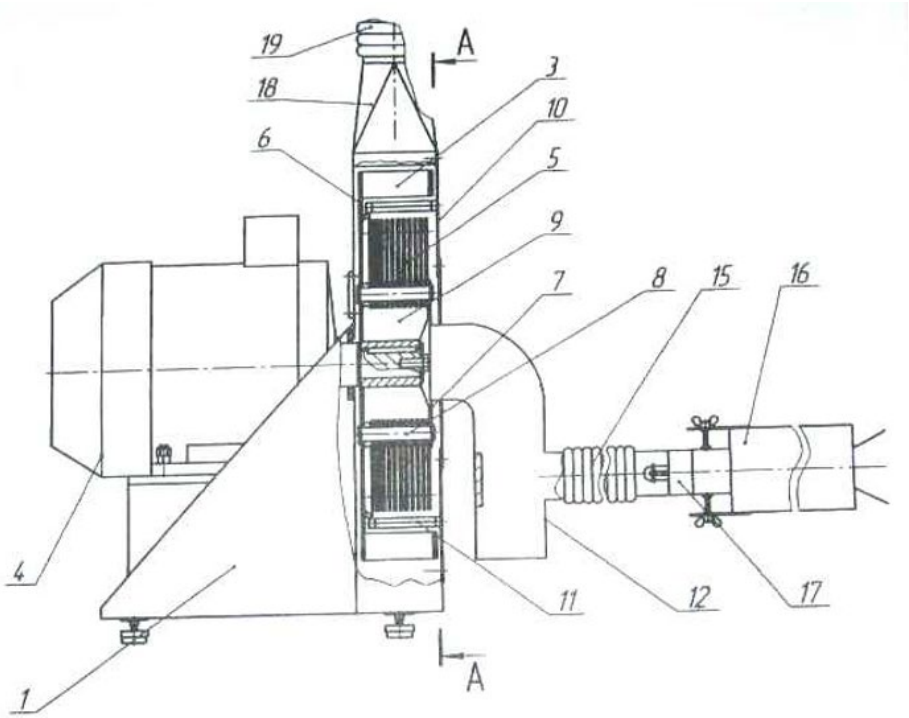


Рис. 1.3. Дробарка молоткова (патент №2317146)

Молотки за колосникоподібним типом (рис. 1.4 а, б) використовують при подрібненні малоабразивних та м’яких видів сировини. Ці молотки можуть мати 2 отвори, які дають можливість при зношуванні торців молотка з одного боку переставити його іншим боком. Молотки, які мають характерне потовщення у робочій частині (рис. 1.4 в, г, д) використовують, коли подрібнюють міцні типи

сировини середньої абразивності. Молотки у формі скоби (рис. 1.4 е) застосовують в аналогічних випадках, що і молотки за колосникоподібним типом. Посилена конструкція у формі скоби (рис. 1.4 ж) використовують під час подрібнення міцних видів сировини. Молотки у формі скоби є більш ефективними від молотків за колосникоподібним типом, проте їхня експлуатація є більш утруднена, бо через нерівномірний знос порушується зрівноваженість дробарки.

Шарнірний спосіб кріплення молотків зазвичай дозволяє уникати поломок при потраплянні у робочий простір дробарки частинок, які не подрібнюються, за рахунок того, що молотки можуть відхилитися на певний кут.

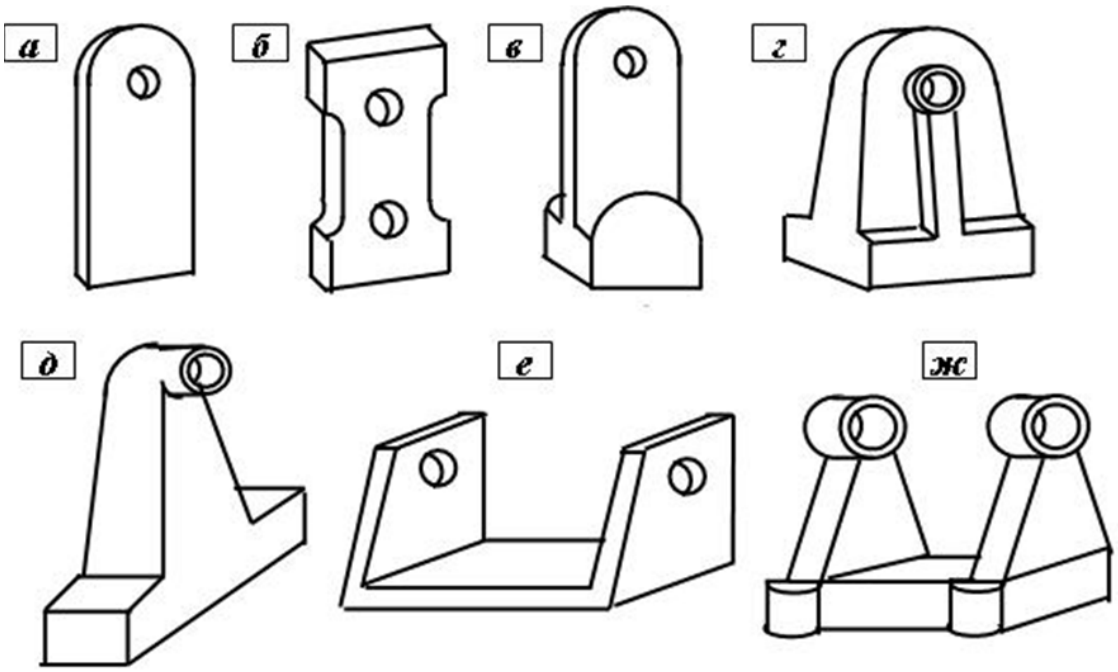


Рис. 1.4. Форми молотків

1.4. Аналіз та короткий опис об’єкту дослідження.

Мікромлин типу А2-ШИМ призначений для виробництва цукрової пудри методом подрібнення цукру-піску молотковим ротором.

Область застосування - підприємства кондитерської та хлібопекарської промисловості.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА:

Продуктивність технічна по цукру-піску

ГОСТ 21-78 вологістю не більше 0,15%, кг / год, не менше - 320

Технологічна характеристика:

фракційний склад пудри,%

мкм до 100 - 80

мкм 100 ... 300 – 20

Частота обертання ротора, об / хв - 4620

Встановлена потужність, кВт - 4,25

Споживання електроенергії на годину, кВт.год, не більше - 4,257

Робоча напруга, В - 380

Габаритні розміри, мм, не більше

довжина: 1160

ширина: 710

висота до кромки бункера: 1700

висота по фільтру: 2080

Маса, кг, не більше – 380

1.5. Техніко – економічне обґрунтування модернізації.

Подрібнення є процесом механічного руйнування твердих тіл під дією зовнішніх сил.

Залежно від габаритів руйнованих тіл і цілей організації їх руйнування процес передбачає руйнування або одного, або декількох, або більшої кількості тіл.

У промисловості організація процесу руйнування тіл передбачає масове подрібнення потоку твердих тіл. Ця особливість промислового подрібнення

висуває на перший план пошук найбільш ефективних способів подрібнення твердих тіл.

Мікромлини для цукру забезпечують кондитерські підприємства цінною сировиною – пудрою, тому від їх роботи суттєво залежить роботи суттєво залежить робота всіх ліній кондитерської продукції. Максимальна тривалість безперервної роботи суттєво впливає на ритм виробництва, а вона можлива лише за умови довшої роботи ротора з молотками, які інтенсивно знеошуються. Тому дуже важливим є його модернізація, в ході якої покращуються конструктивні параметри молотків.

1.6. Мета та задачі кваліфікаційної роботи.

Мета роботи – забезпеченення високої тривалості безвідмовної роботи мікромлин на прикладі марки А2-ШИМ на підставі з дослідження його конструктивних елементів на міцність.

Завданнями дипломної роботи є

проведення аналізу конструкцій технологічного обладнання для подрібнення та теоретичних закономірностей його роботи;

розроблення заходів з модернізації мікромлина та виконання відповідних розрахунків;

техніко-економічне обгрунтування прийнятих рішень.

вибір методики та інструментарію проведення досліджень;

виконання запланованих досліджень;

технічні рекомендації щодо впровадження результатів досліджень;

розробка заходів з техніки безпеки;

вирішення питань цивільної безпеки.

2. Методи та методика досліджень

2.1. Вибір і обґрунтування методів і засобів досліджень,

При виконання проектних робіт інженерами виконується аналіз великої кількості технічних рішень, які направлені на виконання однієї задачі. Традиційним варіантом вирішення такого завдання було створення на базі серій розрахунків дороговартісних натурних моделей, які випробовували і за результатами випробувань будували наступне покоління натурних моделей. Такий процес був дуже дорогим і тривалим у часі.

На теперішньому етапі в інженерів-коснтрукторів появився новий інструмент, який дає змогу витрачати менше часу і ресурсів на таку рутинну роботу,- це пакети програм 3D графіки із обчислювальними модулями на базі методу кінцевих елементів. Одним із них є SolidWorks з модулем Simulation (напруження, переміщення, запас міцності, аналіз навантаження на конструкцію тощо), який і буде використано в роботі для створення 3D моделі деталей та їхнього дослідження.

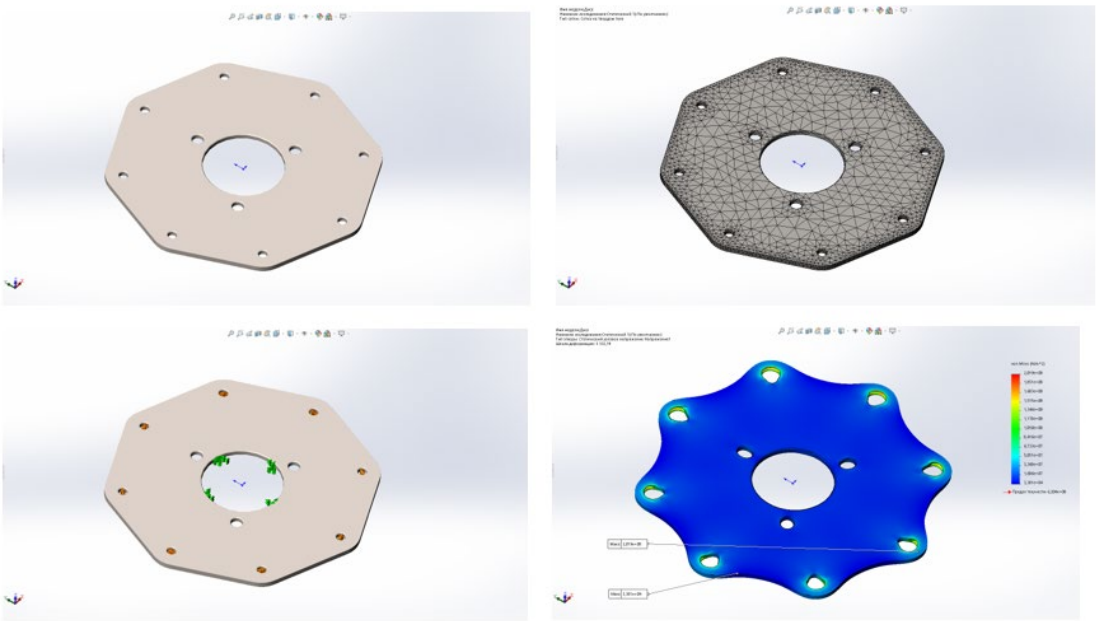


Рис. 2.1 – Етапи числових досліджень з використанням програми Solidworks Simulation

2.2. Алгоритм і методики проведення комп’ютерного дослідження.

Перш за все створюється 3d модель деталей та вузлів, для яких, на у програмі Solidworks виконуємо проект розрахунку статичних навантажень. Після формування проекту:

уточнюємо матеріал деталей;

задаємо умови роботи для наявних з’єднань;

вказуємо тип фіксації;

вказуємо площини, які є під навантаженням, після чого задаємо навантаження;

виконуємо формування сітки;

виконуємо розрахунки;

будуємо графіки та створюємо анімацію для отриманих результатів, які будуть використані для аналізу результатів.

3. Розроблення нових проектно-технологічних і технічних вирішень вдосконалення об’єкта дослідження.

3.1 Опис будови і роботи мікромлина марки А2-ШИМ

Мікромлин складається з корпуса млина 1 (рисунок 2.2), в якому обертається ротор з вісьмома молотками 2. Вал 3 ротора встановлений в підшипниках, що знаходяться в корпусі, який з'єднаний про корпусом мікромлина. Обертання ротора здійснюється електродвигуном 4 через клинопис овупередачу.

На корпусі млина закріплена завантажувальна воронка 5 для цукру-піску, всередині корпусу змонтовано вловлювач 6, призначений для уловлювання металевих домішок. Для подачі цукру-піску в млин служить привід 7, що складається з електродвигуна, редуктора і живлячого шнека.

Млин і електродвигун змонтовані на рамі 8, яка встановлена на дві стійки 9. Для збору цукрової пудри використовуються змінні бачки 10, які з'єднуються з корпусом млини з допомогою фільтра 11.

Зовні млин, електродвигун, клинопасова передача закриті кожухом 12, який кріпиться до рами.

Електрообладнання мікромлина складають:

Двигун BI00S2 У2-5 (4,0 кВт, 2890 об / хв) приводу ротора млина;

двигун В63А4 У2-5 (0,25 кВт, 1370 об / хв) привода шнека;

клемна коробка, встановлена на кронштейні рами;

пост управління 11КІ-722-2УЗ. встановлений на кронштейні передньої сторони рами;

електрошафа, встановлювана в окремому, ізольованому від мікромлина, приміщенні

Розводка всередині машини здійснюється проводом ПВГ 1х1, 5 мм2, прокладеним, в металорукаві. Підведення до електрошафи і млині здійснюється проводами ПГВ 1х1, 5 мм, які прокладаються в металеву трубу з метою

запобігання їх від механічного ушкодження. Мікромлин і електрошафу заземляють.

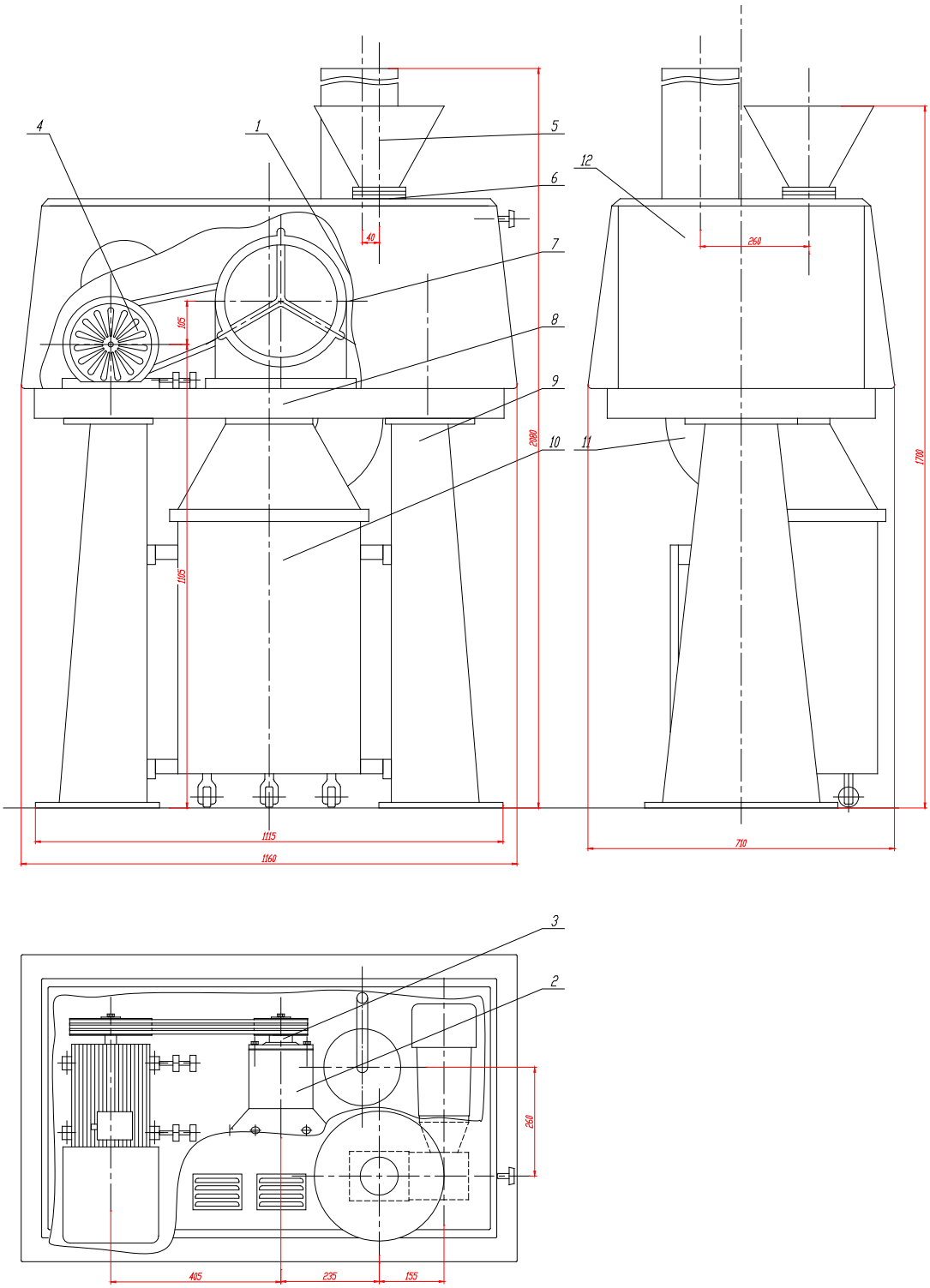


Рисунок 2.2 – Мікромлин марки А2-ШИМ

Робота мікромлина. Подрібнюваний продукт (цукор-пісок) засипається в воронку 5, звідки через вловлювач 6 живлячим шнеком приводу 7 подається в млин. Тут продукт піддається багаторазовим ударам, подрібнюється і через сито потрапляє в бачок 10. Повітря, який засмоктується в млин під час роботи, віддаляється через фільтр 11. Мікромлин під час роботи нагрівається. Цей нагрів відбувається за рахунок виробленої машинної роботи. Температура мікромлина залежить також від кількості і температури охолоджувального повітря всмоктуваного в машину. Подача повітря в мікромлин регулюється спеціальним диском, встановленим на кришці корпусу. Кількість продукту, який надходить на подрібнення регулюється за допомогою шибера, а також шківа за допомогою зміни числа обертів. Зношені молотки повинні бути замінені комплектно, по парах протилежних.

3.2 Технологічний розрахунок мікромлина марки А2-ШИМ

Розрахунок продуктивності дробарки виконаємо за формулою:

$$П = K_1 \cdot \rho_n \cdot D^2 \cdot L \cdot \omega$$

де $K_1 := 4.25 \cdot 10^{-4}$ емпіричний коефіцієнт, який залежить від типу і розмірів поверхні матеріалу;

$\rho_n := 1587$ кг/м^3 - густина цукру;

$L := 0.220$ м - довжина ротора дробарки;

$D := 0.270$ м - діаметр ротора дробарки;

$\omega := 485$ (рад/с) - кутова швидкість ротора

$$П := K_1 \cdot \rho_n \cdot D^2 \cdot L \cdot \omega \cdot 60 = 314.8$$

3.3 Технологічний розрахунок шнекового дозатора цукру мікромлина марки А2-ШИМ

Продуктивність шнекових апаратів визначається за формулою:

$$G = n_{Ш} \cdot m \cdot k \cdot \left(R^2 - r^2\right) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a+b)}{2 \cdot cos(\beta)}\right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60 \text{, кг/хв,}$$

де $n_ш$, об/год — частота обертів шнека; m — кількість заходів шнека; k — кількість паралельно під'єднаних шнеків; R, м — зовнішній радіус шнека; r, м — внутрішній радіус шнека; t, м — крок гвинтової поверхні; 2 · a, м — товщина витка на радіусі R; 2 · b, м — товщина витка на радіусі r; β, рад — кут підйому гвинтової лінії; ρ, кг/м^3 — густина транспортованої маси;

$$K = K_н \cdot K_м \cdot K_м,$$

де $K_н$ — коефіцієнт заповнення порожнини; $K_м$ — коефіцієнт спресовування матеріалу; $K_с$ — коефіцієнт, що враховує степінь зменшення подачі транспортованого матеріалу залежно від його фізико - хімічних властивостей.

Виходячи з умов виробництва змінювати продуктивність не доцільно, тому, розраховувати будем таку частоту обертів, що зможе її забезпечити. Частоту обертів будем визначати для січення, що відповідає координаті кінця завантажувальної горловини, так як тут буде відбуватись захоплення матеріалу і починатись подальше його транспортування. Формула набуде вигляду:

$$n_{Ш} = \frac{G}{m \cdot k \cdot \left(R^2 - r^2\right) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a+b)}{2 \cdot cos(\beta)}\right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60} \text{,об/хв.}$$

Оскільки в апарат містить один однозахідний робочий орган, то формула спроститься до вигляду:

$$n_{Ш} = \frac{G}{k \cdot \left(R^2 - r^2\right) \cdot \left(t - \frac{2 \cdot (a+b)}{2 \cdot cos(\beta)}\right) \cdot \rho \cdot K \cdot 60} \text{,об/хв.}$$

Розрахунок будем вести для січення, що відповідає кінцю шнека.

G = 320 кг/год; R = 0.025 м; r = 0.01 м; t = 0.095 м;

2 · a = 0.004 м; 2 · b = 0.008 м; β = 0.297 рад; ρ = 751 кг/м^3;

$K_н$ = 0.91 $K_м$ = 0.89; $K_с$ = 0.75;

K = 0.92 · 0.89 · 0.95 = 0.61.

$$n_ш = \frac{320}{\left(0{,}025^2 - 0{,}01^2\right)\cdot\left(0{,}095 - \frac{2\cdot(0{,}002+0{,}004)}{2\cdot\cos(0{,}297)}\right)\cdot 751\cdot 0{,}61\cdot 60}$$

= 250 об/хв.

3.4 Кінематичний аналіз мікромлина марки А2-ШИМ

Основною механічною операцією, яка виконується блоком молотків, є подрібнення цукру на пудру.

По принципу дії машина відноситься до обладнання з механічним приводом. Робочий орган (ротор з молотками) кріпиться на валу і здійснює обертовий рух.

Схема (лист 2) вузла ротора включає електричний двигун, пасову передачу, робочий орган (ротор з молотками). Схема вузла шнекового дозатора включає двигун, червячний редуктор, шнек.

Кінематична схема розробляється при проектуванні чи конструюванні нової або модернізації існуючої машини. Вона є вихідним документом для кінематичного чи силового розрахунку.

Кінематична схема являє собою уявне плоске або просторове зображення всіх її механізмів і ланок, дає уявлення про порядок приєднання і їх взаємозв’язок, розподілення потоків енергії, кінематичних зв’язків елементів машини та іншу інформацію.

Виконаєм кінематичний розрахунок мікромлина марки А2-ШИМ.

Попереднє значення кутової швидкості електродвигуна вузла ротора

$$\omega_{дв} := 316 \quad \text{рад/с}$$

Відповідно частота обертання вала електродвигуна:

$$n_{дв} := \omega_{дв} \cdot \frac{30}{\pi} = 3.018 \times 10^3 \quad \text{об/хв}$$

Необхідна частота обертання ротора:

$$n_p := 77 \quad \text{об/с}$$

Відповідно кутова швидкість обертання

$$\omega_p := 2 \cdot \pi \cdot n_p = 483.805 \quad \text{рад/с}$$

Число обертів ротора за хвилину

$$n_{пх} := n_p \cdot 60 = 4620 \quad \text{об/хв}$$

Розрахуємо попередньо передаточне число пасової передачі.

Передаточне число передачі $u := \frac{\omega_{дв}}{\omega_p}$ $\quad u = 0.653$

Потужність, витрачена на подрібнення $N_{подр} := 3.3$ кВт

Розрахуємо необхідну потужність двигуна з умови:

к.к.д. підшипника кочення: $\eta_{підш} := 0.99$

к.к.д. пасової передачі: $\eta_n := 0.8$

$$N_{дв} := \frac{N_{подр}}{\eta_{підш}^2 \cdot \eta_n} = 4.209 \quad \text{кВт}$$

З врахуванням стартового запасу потужності приймаємо характеристики електродвигуна:

потужність: $N_{дв} := 4.25$ кВт

частота обертання: $n_{дв} = 3018$ об/хв

Попереднє значення кутової швидкості електродвигуна вузла шнека

$$\omega_{двш} := 316 \quad \text{рад/с}$$

Відповідно частота обертання вала електродвигуна:

$$n_{двш} := \omega_{двш} \cdot \frac{30}{\pi} = 3.018 \times 10^{2} \text{ об/хв}$$

Необхідна частота обертання шнека:

$$n_{ш} := 4.17 \qquad \text{об/с}$$

Відповідно кутова швидкість обертання

$$\omega_{ш} := 2 \cdot \pi \cdot n_{ш} = 26.201 \quad \text{рад/с}$$

Число обертів ротора за хвилину

$$n_{шх} := n_{ш} \cdot 60 = 250.2 \qquad \text{об/хв}$$

Розрахуємо попередньо передаточне число червячної передачі.

Передаточне число передачі $\qquad u_{ш} := \dfrac{\omega_{двш}}{\omega_{ш}} \quad u_{ш} = 12.061$

Потужність, витрачена на транспортування $\quad N_{трн} := 0.43 \qquad$ кВт

Розрахуємо необхідну потужність двигуна з умови:

к.к.д. підшипника кочення: $\qquad \eta_{підш} := 0.99$

к.к.д. червячної передачі: $\qquad \eta_{ч} := 0.9$

$$N_{дв} := \frac{N_{трн}}{\eta_{підш}^{2} \cdot \eta_{ч}} = 0.487 \qquad \text{кВт}$$

З врахуванням стартового запасу потужності приймаємо характеристики електродвигуна:

потужність: $\qquad N_{двш} := 0.5 \quad$ кВт

частота обертання: $\qquad n_{двш} = 3018 \quad$ об/хв

3.5 Конструктивні розрахунки вузла рортора мікромлина марки А2-ШИМ

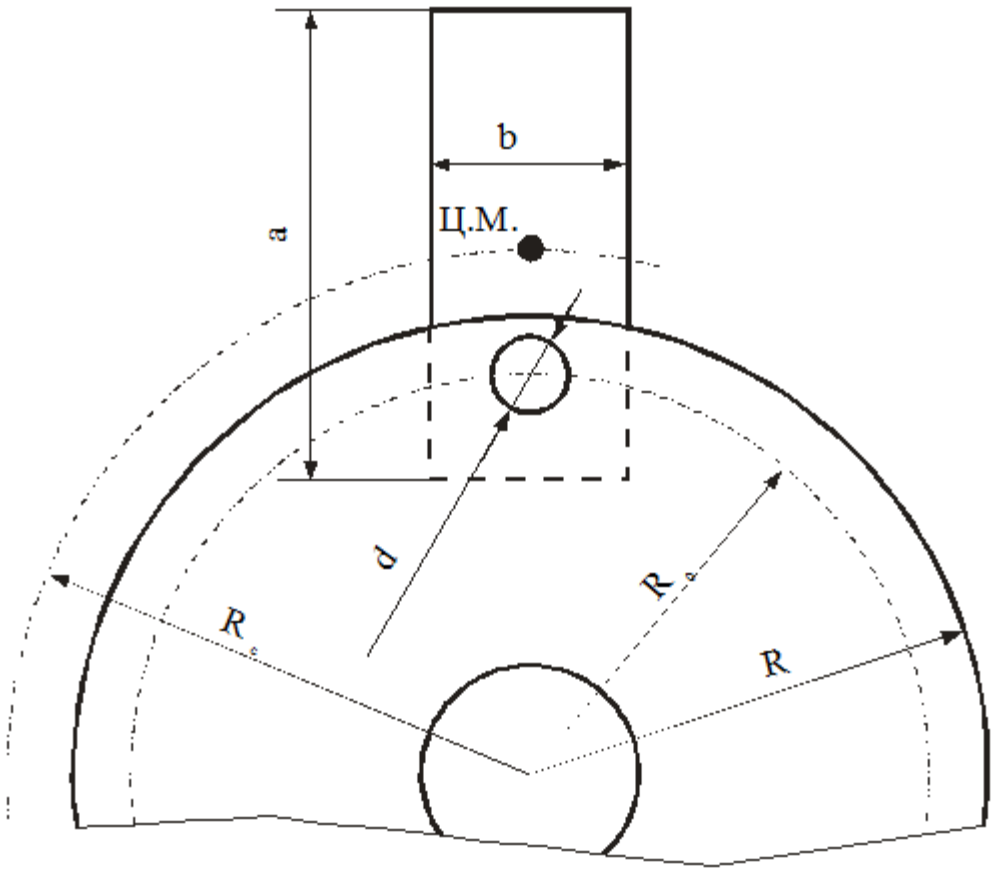


Рисунок 2.3- Розрахункова схема ротора з молотками

Визначити основні параметри робочих органів молоткової дробарки і дати схему поперечного перерізу ротора, якщо відомі наступні дані:

маса подрібненої частинки $m := 1.2 \cdot 10^{-5}$ (кг)
тривалість удара молотка по частинці продукту продукту

$$t := 0.8 \cdot 10^{-5} \quad (с)$$

Передана потужність:

$$N := 3.8 \quad (кВт)$$

Сила опору частинки руйнуванню:

$$P := 100 \quad (\text{Н})$$

Приймаючи початкову швидкість руху частинки рівною нулю, знайдем мінімально необхідну колову швидкість молотка

$$v_{min} := P \cdot \frac{t}{m} = 66.667 \quad (\text{м/с})$$

Приймем розміри молотка:

довжина: $a := 0.065$ (м)

ширина: $b := 0.012$ (м)

товщина $\delta := 0.140$ (м)

Молотки будем виготовляти з одним отвором. При цьому відстань від центра мас молотка до осі отвору рівна:

$$c := \frac{\left(a^2 + b^2\right)}{6 \cdot a} = 0.011 \quad (\text{м})$$

Радіус інерції молотка відносно його центру мас:

$$r_c := \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{12}} = 0.019 \quad (\text{м})$$

Радіус інерції молотка відносно осі його підвісу :

$$r := \sqrt{r_c^{\,2} + c^2} = 0.022 \quad (\text{м})$$

Віддаль від кінця молотка до осі його підвісу:

$$l := c + 0.72 \cdot a = 0.058 \quad (\text{м})$$

Приймемо, згідно рекомендацій:

Віддаль від осі підвісу молотка до осі ротора:

$$R_0 := 0.080 \quad (м)$$

тобто більше віддалі від кінця молотка до осі його підвісу.

В цьому випадку, радіус найбільш віддаленої від осі ротора точки молотка складає

$$R_0 + l = 0.138 \quad (м)$$

Необхідна кутова швидкість:

$$\omega := \frac{v_{min}}{(R_0 + l)} = 483.083 \qquad (рад/с)$$

Приймемо її з деяким запасом рівною

$$\omega := 485 \quad (рад/с)$$

Маса молотка, виготовленого зі сталі густиною $\rho := 7850$ (кг/м^3)

$$m_м := 0.150 \qquad (кг)$$

Радіус кола розміщення центрів мас молотків

$$R_c := R_0 + \left(l - \frac{a}{2}\right) = 0.106 \qquad (м)$$

Відцентрова сила інерції молотка:

$$P_i := m_м \cdot \omega^2 \cdot R_c = 3.723 \times 10^3 \qquad (Н)$$

Діаметр осі підвісу молотка, приймаючи допустиме напруження на згин рівним

$$\sigma_{зг.доп} := 100 \cdot 10^6 \qquad (Па)$$

$$d := 0.3 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_i \cdot \delta}{\sigma_{зг.доп}}} = 0.005 \qquad (м)$$

Відповідно до ряду нормальних лінійних розмірів Ra5 по ГОСТ 6636-69 приймєм

$$d := 0.006 \quad (м)$$

Для диску зі сталі марки Ст5 допустимі напруження при зминанні

$$\sigma_{зм.доп} := 165 \cdot 10^6 \qquad (Па)$$

і при зрізі з врахуванням межі текучості [ ]:

$$\sigma_{тек} := 275 \cdot 10^6 \qquad (Па)$$

$$\sigma_{зр.доп} := 0.25 \cdot 275 \cdot 10^6 = 6.875 \times 10^7 \quad (Па)$$

Товщина диску:

$$\delta_д := \frac{P_i}{d \cdot \sigma_{зм.доп}} = 0.004 \qquad (м)$$

Приймаєм її рівною $\delta_д := 0.004$ (м)

Мінімальний розмір перемички:

$$h_{min} := \frac{0.5 \cdot P_i}{\delta_д \cdot \sigma_{зр.доп}} = 0.007 \qquad (м)$$

Приймаємо її рівною $h_{min} := 0.009$ (м)

Зовнішній радіус диска буде рівний:

$$R := R_0 + 0.5 \cdot d + h_{min} = 0.092 \qquad (м)$$

Приймем його рівним $R := 0.092$ (м)

Тоді розмір перемички буде рівним:

$$h_{min} := R - \left(R_0 + 0.5 \cdot d\right) = 0.009 \qquad (м)$$

Кількість молотків: $z := 8$ (шт)

Розрахунковий діаметр вала в небезпечному перерізі:

$$d_0 := 0.152 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{\omega}} = 0.03 \qquad (м)$$

Приймаємо: $d_0 := 0.04$ (м)

$$r_0 := \frac{d_0}{2} = 0.02 \qquad (м)$$

Максимальне кільцеве напруження:

$$\sigma_{tmax} := \rho \cdot \omega^2 \cdot \left(0.0825 \cdot R^2 + 0.175 \cdot r_0^{\,2}\right) = 1.419 \times 10^6 \qquad (Па)$$

Кільцеве напруження від сил інерції молотків:

$$\sigma_t := \frac{P_i \cdot R_0 \cdot z}{\pi \cdot \delta_\partial \cdot \left(R_0^{\,2} - r_0^{\,2}\right)} = 3.16 \times 10^7 \qquad (Па)$$

Сумарне напруження:

$$\sigma_{сум} := \sigma_{tmax} + \sigma_t = 3.302 \times 10^7 \qquad (Па)$$

3.6. Конструкторський розрахунок подаючого шнека

Тип дозатора: шнек з наступними параметрами:

зовнішній радіус вала шнека: $r := 0.01$ (м)

зовнішній радіус шнека: $R := 0.025$ (м)

крок шнека $t := 0.095$ (м)

кількість заходів: 1

частота обертання шнека: $n := \frac{250}{60}$ $n = 4.167$ (об/с)

ширина вершини витка $a := 0.002$

ширина основи витка $b := 0.004$

Матеріал шнека: Сталь 18ХН9Т $\rho := 7700$

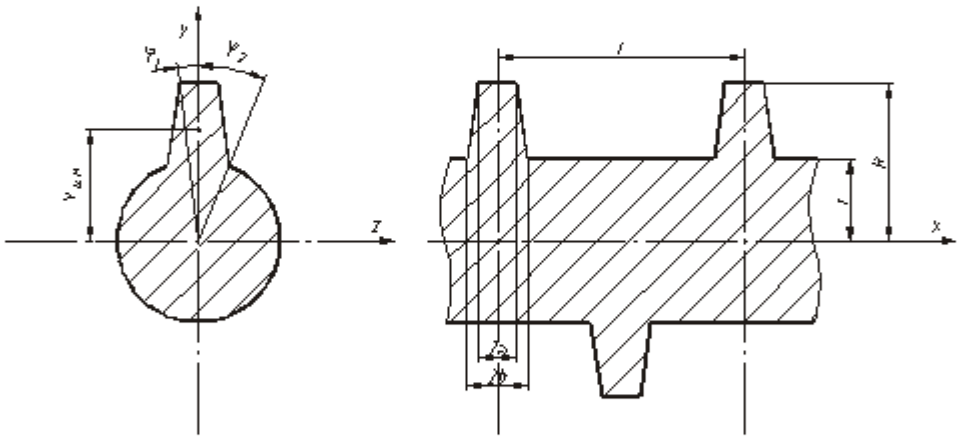


Рисунок 2.4- Принципова схема шнека

Загальна довжина шнека:

$L := 0.332$ $L = 0.332$ (м)

Кут нахилу бокової лінії трапеції в нормальному січенні:

$\alpha_n := \operatorname{asin}\left(\frac{b-a}{R-r}\right)$ $\alpha_n \cdot \frac{180}{\pi} = 7.662$

Визначимо момент інерції січення одного однозаходного шнека відносно осі z.

Розрахункові кутові коефіцієнти:

$\phi_1 := 2\cdot\pi\cdot\frac{a}{t}$ $\qquad$ $\phi_1\cdot\frac{180}{\pi} = 7.579$

$\phi_2 := 2\cdot\pi\cdot\frac{b}{t}$ $\qquad$ $\phi_2\cdot\frac{180}{\pi} = 15.158$

Момент інерції січення вала шнека відносно осі z:

$J_{1z} := \frac{\pi}{4}\cdot\left(r^4\right)$ $\qquad$ $J_{1z} = 7.854\times10^{-9}$ (м^4)

Розрахункові лінійні коефіцієнти:

$x_1 := 2\cdot R\cdot\sin\left(\phi_1\right)$ $\qquad$ $x_1 = 6.595\times10^{-3}$ (м)

$x_2 := 2\cdot r\cdot\sin\left(\phi_2\right)$ $\qquad$ $x_2 = 5.23\times10^{-3}$ (м)

Подальший розрахунок проводиться для максимального лінійного коефіцієнта

$H := x_1$ $\qquad$ $H = 6.595\times10^{-3}$ (м)

Площа поперечного січення витка шнека:

$F_г := \left(R\cdot\sin\left(\phi_1\right) + r\cdot\sin\left(\phi_2\right)\right)\cdot(R - r)$ $\qquad$ $F_г = 8.868\times10^{-5}$ (м)

Момент інерції січення витка шнеку відносно осі, що проходить через його центр мас і паралельно осі z :

$J_{2z} := \frac{F_г^{\,2}\cdot\left(R - r\cdot\cos\left(\phi_2\right)\right)}{12\cdot H}$ $\qquad$ $J_{2z} = 1.525\times10^{-9}$ (м^3)

Координата центра мас витка шнека:

$Y_{цм} := \frac{1}{3}\cdot(R - r)\cdot\frac{r\cdot\sin\left(\phi_2\right) + 2\cdot R\cdot\sin\left(\phi_1\right)}{r\cdot\sin\left(\phi_2\right) + R\cdot\sin\left(\phi_1\right)} + r$ $\qquad$ $Y_{цм} = 0.018$ (і)

Момент інерції січення шнека відносно осі z

$J_z := J_{1z} + \left(J_{2z} + F_г \cdot Y_{цм}^{\ 2}\right)$ $\qquad J_z = 3.744 \times 10^{-8}$ (м^4)

Припускаєм, що перпендикулярні до осі шнека навантаження взаємнокомпенсуються.

На шнек діє поздовжнє зусилля, виникаюче в транспортованому матеріалі, що визначається наступним чином:

$$S = \int_0^L q_x(x)dx$$

де q(x) - інтенсивність розподіленого осьового навантаження:

$$q_x(x) = \left[-\Delta p(x) + \left(2 \cdot p(x) - \Delta p(x)\right) \cdot f \cdot \frac{tg(\beta)}{cos(\alpha_n)}\right] \cdot \frac{\pi \cdot \left(R^2 - r^2\right)}{t}$$

де $f := 0.01$ коефіцієнт, що враховує тертя між умовними шарами транспортованого матеріалу.

b(x) - кут підйому гвинтової лінії по радіусу вала шнекового транспортера:

$\beta := 0.297$ $\qquad \frac{\beta \cdot 180}{\pi} = 17.017$

p(x) - тиск в порожнині на поточному витку:

$$\begin{cases} p(x) = p_o & 0 \le x \le l_3 \\ p(x) = p_o + \frac{p_{max} - p_o}{L}(x - l_3) & l_3 \le x \le L + l_3 \end{cases};$$

де $l_3 := \frac{L}{4}$ $\qquad l_3 = 0.083$ (м) - довжина частини шнека перед завантажувальною камерою

$p_0 := 0.01 \cdot 10^6$ (Па) - атмосферний тиск

$p_{max} := 0.011 \cdot 10^6$ (Па) - необхідний нормативний тиск на виході шнека

p'(x) - тиск в порожнині на попередньому витку:

$$\begin{cases} p'(x) = p_o & 0 \le x \le l_3 + t(l_3) \\ p'(x) = p_o + \dfrac{p_{max} - p_o}{L}(x - l_3 - t) & l_3 + t(l_3) \le x \le L + l_3 \end{cases};$$

Позначим Dp = p - p':

$$\begin{cases} \Delta p = 0 & 0 \le x \le l_3 \\ \Delta p = (p_{max} - p_o)\cdot\dfrac{x - l_3}{L}\cdot & l_3 \le x \le l_3 + t(l_3) \\ \Delta p = (p_{max} - p_o)\cdot\dfrac{t}{L} & l_3 + t(l_3) \le x \le l_3 + L \end{cases};$$

Проведем необхідні підстановки і проінтегруєм вираз. Після інтегрування отримаєм:

Геометрична силова складова:

$$HS := \left[\frac{t^2}{2}\cdot\left(f\cdot\frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)} - 1\right) - \left(L\cdot t - t^2\right)\cdot\left(1 + f\cdot\frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)}\right) + \left(L^2 - t^2\right)\cdot f\cdot\frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)}\right]$$

$HS = -0.027$ (м^2)

$$S := \frac{\pi\cdot\left(R^2 - r^2\right)}{t}\cdot\left(2\cdot f\cdot\frac{\tan(\beta)}{\cos(\alpha_n)}\cdot p_0\cdot L + \frac{p_{max} - p_0}{L}\cdot HS\right) \qquad S = -1.044 \qquad (H)$$

знак “-” вказує на стискаючу дію осьової сили.

Ввиду значної величини осьової сили порівняно із очікуваним значенням маси шнека при розрахунку підшипникових опор її враховувати не будем.

Проведем перевірку по напруженнях для основи і гвинтової лінії шнека.
Напруження стиску від дії осьових сил визначаються за формулою:

$$\sigma = \frac{S}{F}$$

де F - площа поперечного січення вала шнека:

$F := \pi \cdot r^2 - \pi \cdot 0.048^2$ $\qquad F = -6.924 \times 10^{-3}$ (м²)

$\sigma := \frac{S}{F}$ $\qquad \sigma = 150.768$ (Па)

Дотичні напруження визначаються з залежності:

$$\tau = \frac{M}{W_p} = \frac{\frac{2}{3} \cdot p_{max} \cdot \pi \cdot tg[\beta]\left[R^3 - r^3\right]}{\frac{\pi \cdot \left[r^4 - r_0^4\right]}{2 \cdot r_0}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{p_{max} \cdot r_0 \cdot tg[\beta]\left[R^3 - r^3\right]}{\left[r^4 - r_0^4\right]}$$

$M := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot p_{max} \cdot \pi \cdot \tan(\beta) \cdot \left(R^3 - r^3\right)$ $\qquad M = 11.328$ (Н*м)

$W := \frac{\pi \cdot r^4}{2}$ $\qquad W = 1.571 \times 10^{-8}$ (м³)

$\tau := \frac{M}{W}$ $\qquad \tau = 7.212 \times 10^8$ (Па)

Еквівалентне напруження:

$\sigma_{екв} := \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot \tau^2}$ $\qquad \sigma_{екв} = 1.442 \times 10^9$ (Па)

Напруження входить в діапазон допустимих.

Кутова швидкість шнека:

$\omega := 2\pi \cdot n$ $\qquad \omega = 26.18$ рад/с

Необхідна потужність :

$N := \frac{M \cdot 1000}{\omega}$ $\qquad N = 432.698$ (Вт)

З врахуванням наявності подаючого вала і необхідного запасу на пускову потужність вибираєм мотор-редуктор з наступними характеристиками:

потужність N=0.5 КВт
n=3000 об/хв

3.7 Розрахунок потужності для приводу дозатора

Вихідні дані для розрахунку:

β(x) - кут підйому гвинтової лінії по радіусу вала шнекового транспортера:

$\beta = 0.297$ $\qquad \frac{\beta \cdot 180}{\pi} = 17.017$

$p_{max} := 0.011 \cdot 10^6$ (Па) - необхідний нормативний тиск на виході шнека

зовнішній радіус вала шнека: $r = 0.01$ (м)

зовнішній радіус шнека: $R = 0.025$ (м)

$$M := \left(\frac{2}{3}\right) \cdot p_{max} \cdot \pi \cdot \tan(\beta) \cdot \left(R^3 - r^3\right)$$

$M = 11.328$ (Н*м)

Кутова швидкість шнека:

$\omega := 2\pi \cdot n$ $\qquad \omega = 26.18$ рад/с

Необхідна потужність приводу шнека:

$N := \frac{M \cdot 1000}{\omega}$ $\qquad N = 432.698$ (Вт)

3.8. Технічна експлуатація мікромлина марки А2-ШИМ

Основним операціями при експлуатації є регулярна очистка та регулярні профілактичні технічні огляди згідно графіку ППР..

Очистку машини виконують після кінця кожної зміни.

Перед початком роботи слід:

перевірити надійність кріплення захисних щитків;

виконати пуск мікромлина, переконавшись у тому, що напрямок обертання ротора є коректний.

В процесі роботи:

Слід регулрно стежити за станом робочих поверхонь, за потреби установку зупинити усунути виявлені недоліки.

При зупинці мікромлина (передачі зміни тощо) треба :

очистити робочі порожнини;

очистити та протерти сухою ганчіркою молотки.

Всі роботи з обслуговування слід виконувати при вимкненому живленні.

4. Комп’ютерне моделювання робочих органів макромлина.

4.1. Постановка завдань дослідження.

Найбільш навантаженими конструктивними елементами мікромлина, які ми будемо досліжувати на міцність, є диск ротора облегшеної конструкції у формі восьмикутника (рис. 4.1.) і молотки з різних видів сталей (рис.4.2.). Комп’ютерне моделювання вищеназваних робочих органів мікромлина під навантаженням будемо проводити за допомогою модуля SolidWorks Simulation.

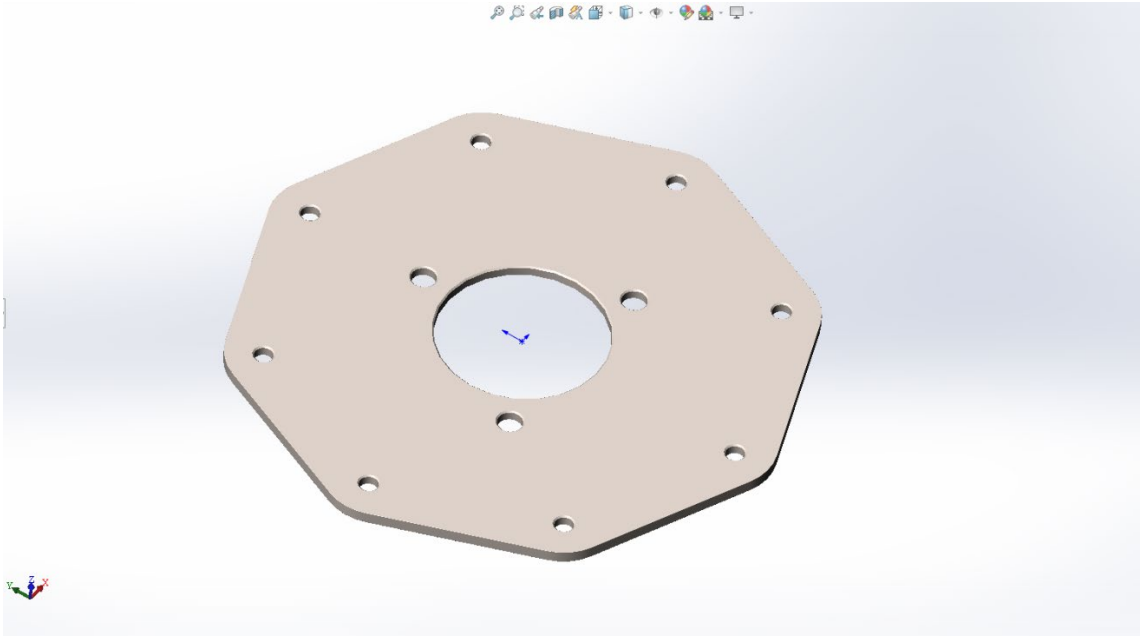


Рис. 4.1. Диск ротора облегшеної конструкції у формі восьмикутника

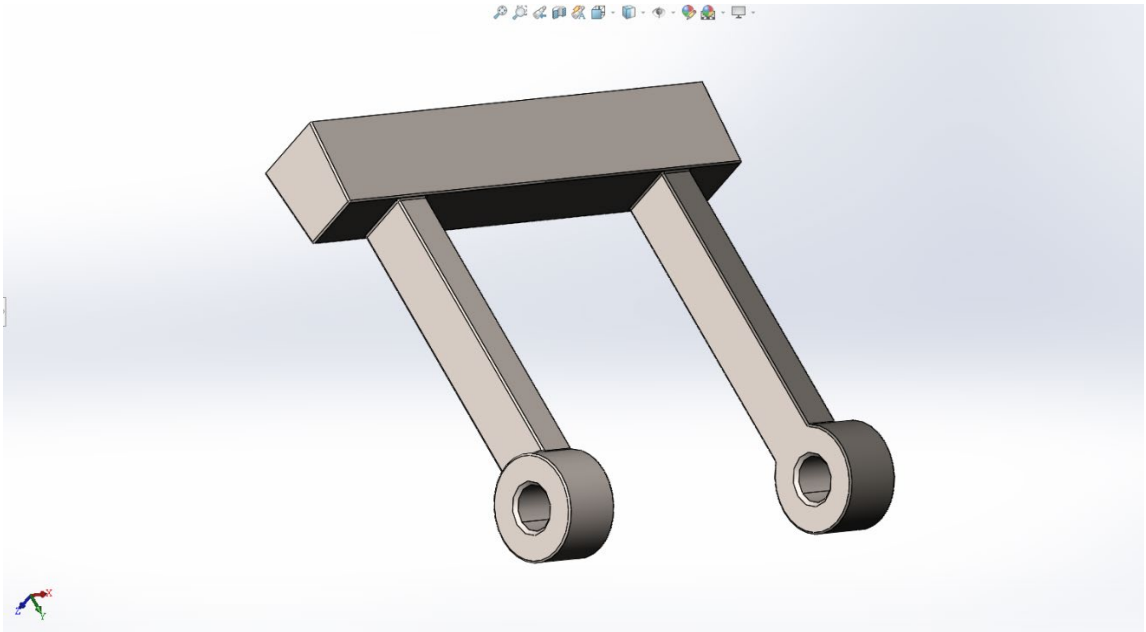


Рис. 4.2. Молоток мікромлина.

4.2. Результати моделювання форм для сиру під навантаженням.

Спрощена розрахункова схема диска ротора представлена на рис. 4.3. Вказано схематично кріплення і місця з навантаженням від відцентрової стли молотків, передані осями підвісу. На рис. 4.4. представлена розрахункова сітка різницевої схеми. На рис.4.5 – рис.4.9 наведено результати розрахунків згідно до поставленого завдання.

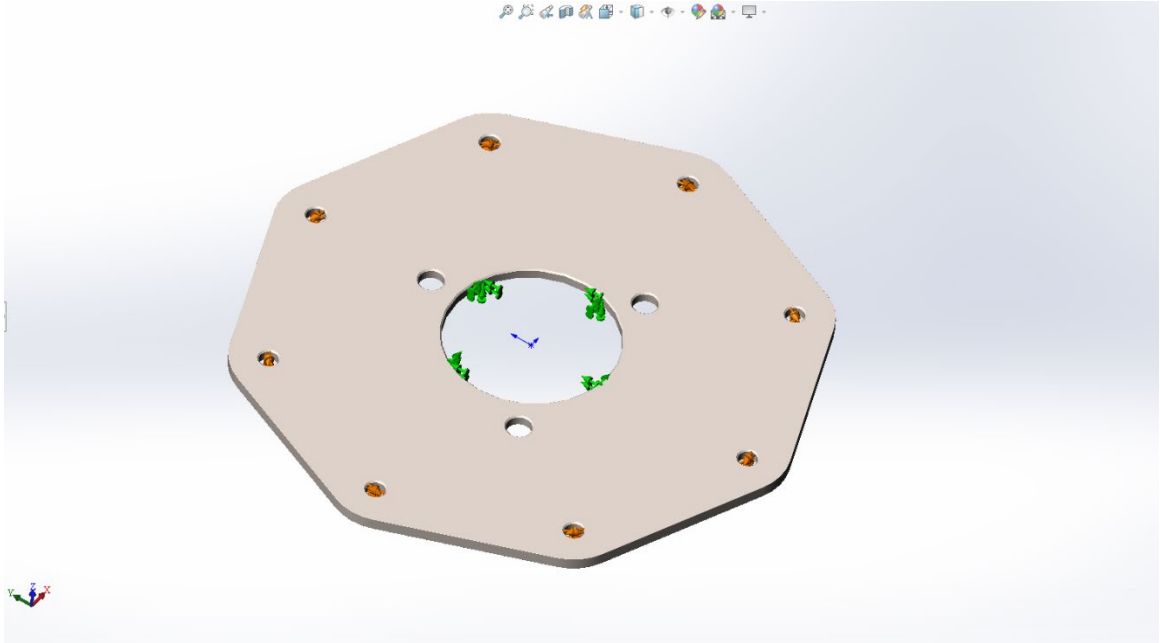


Рис.4.3. Розрахункова схема диска ротора

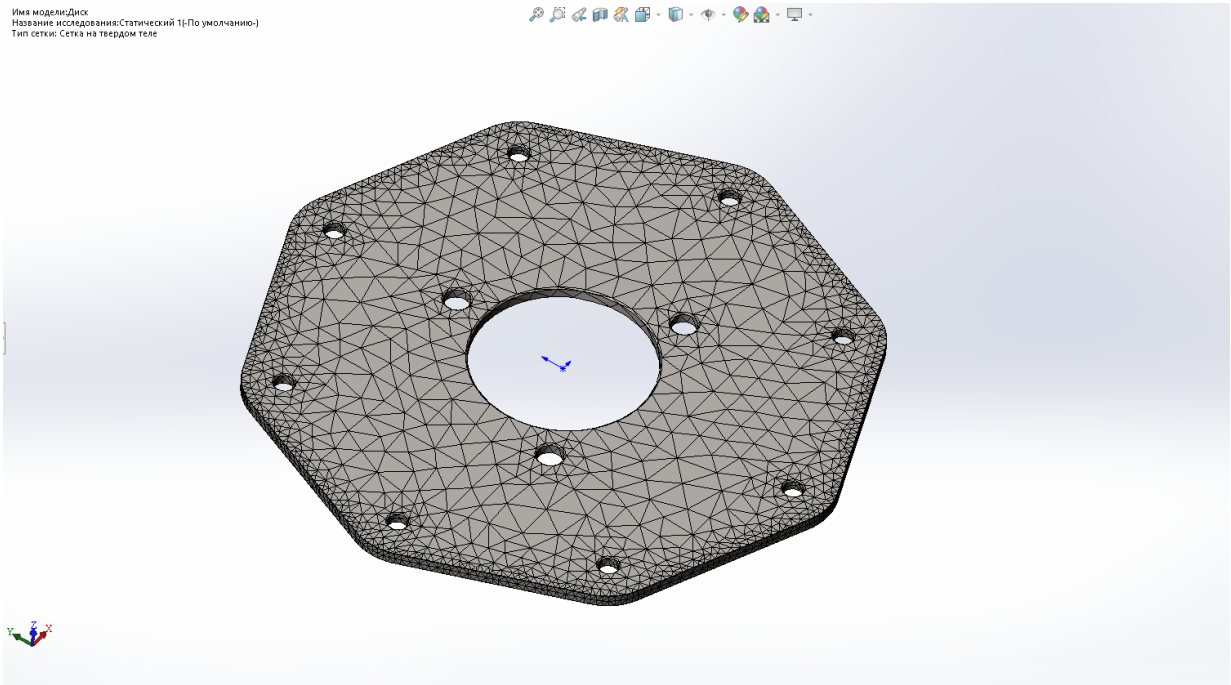


Рис.4.4. Розрахункова сітка різницевої схеми для диска ротора

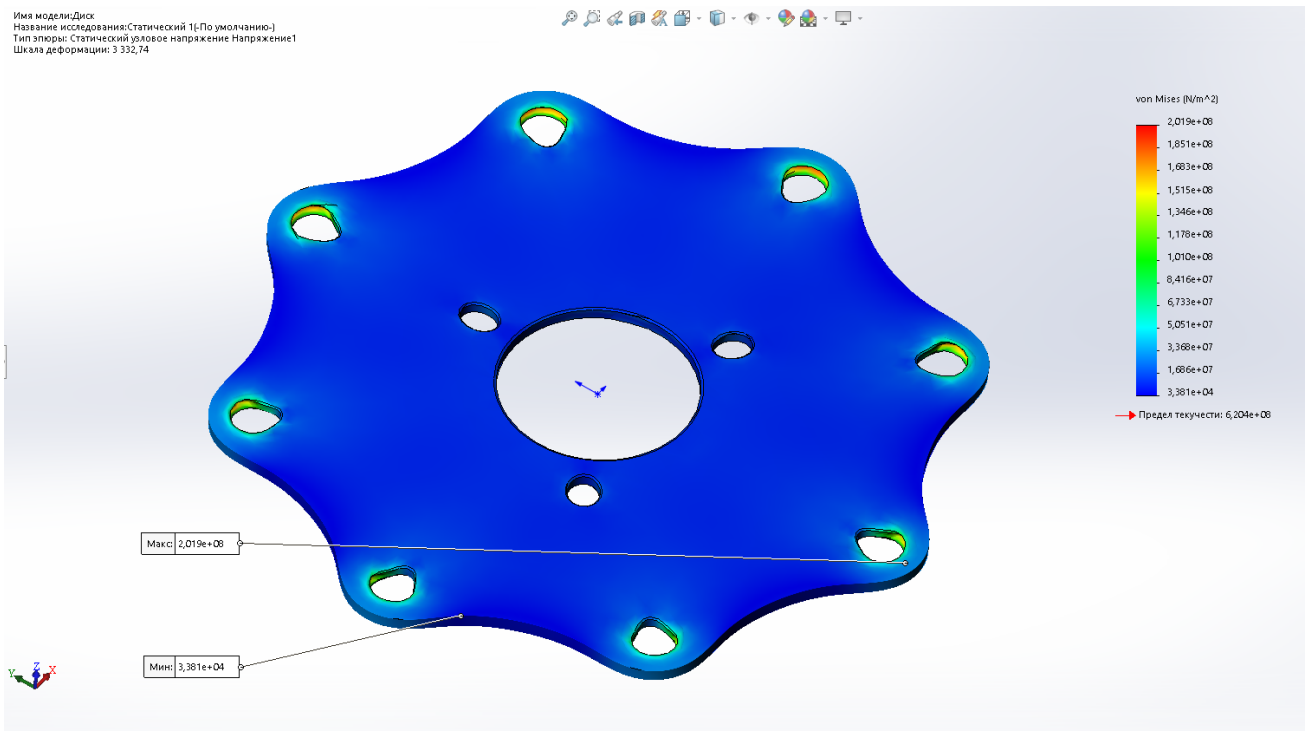


Рис.4.5. Напруження за фон Мізесом для навантаженого диска ротора

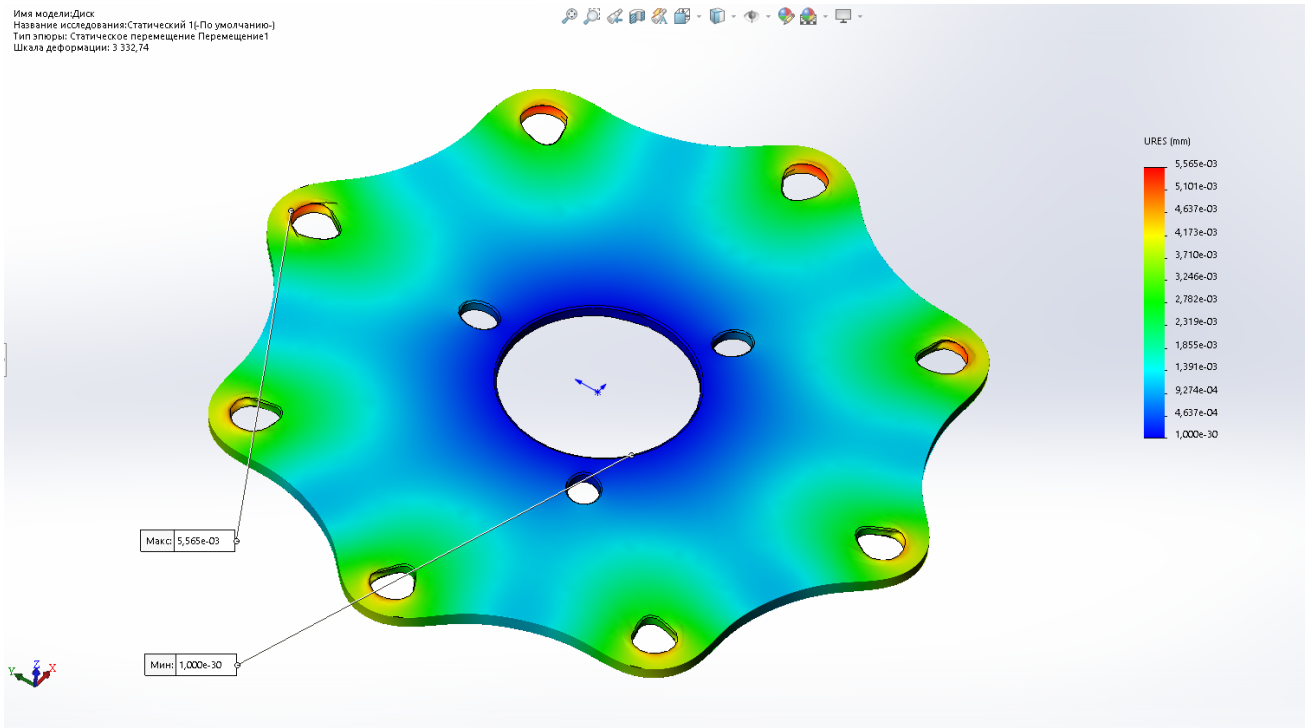


Рис.4.6. Деформації для навантаженого диска ротора

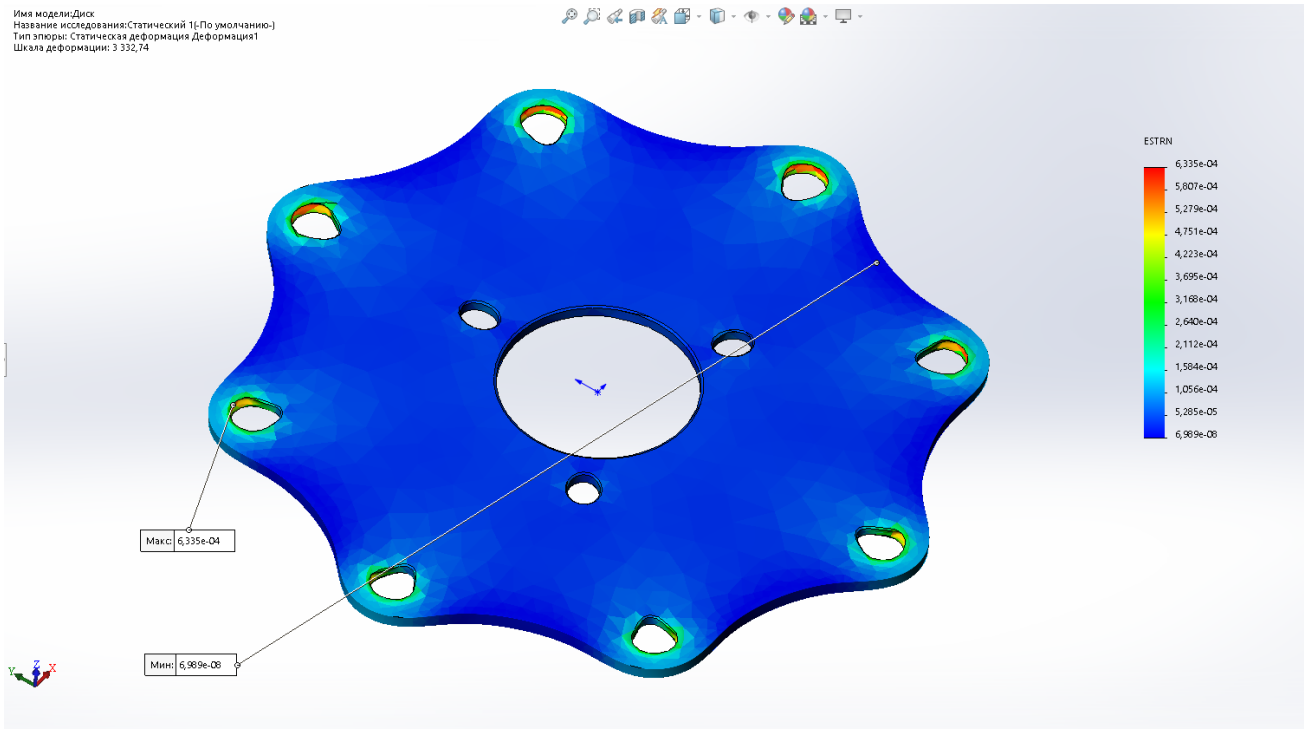


Рис.4.7. Статичні деформації для навантаженого диска ротора

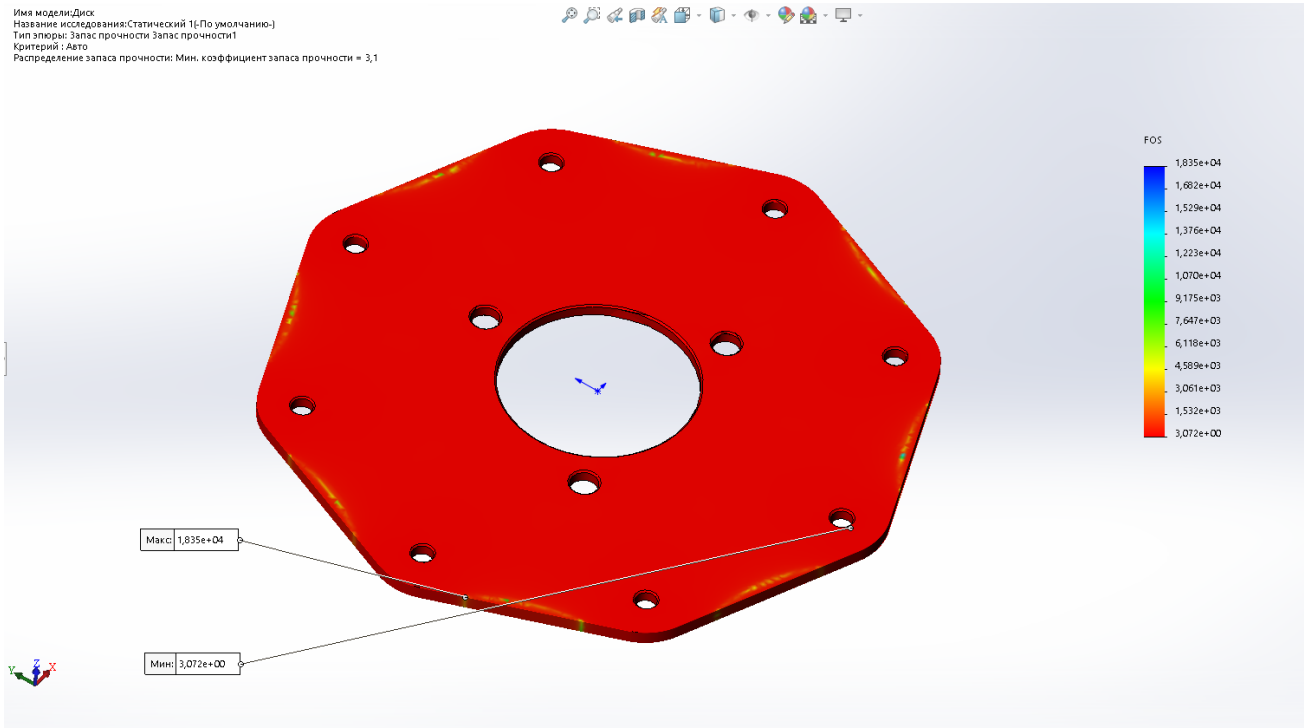


Рис.4.8. Запас міцності для навантаженого диска ротора

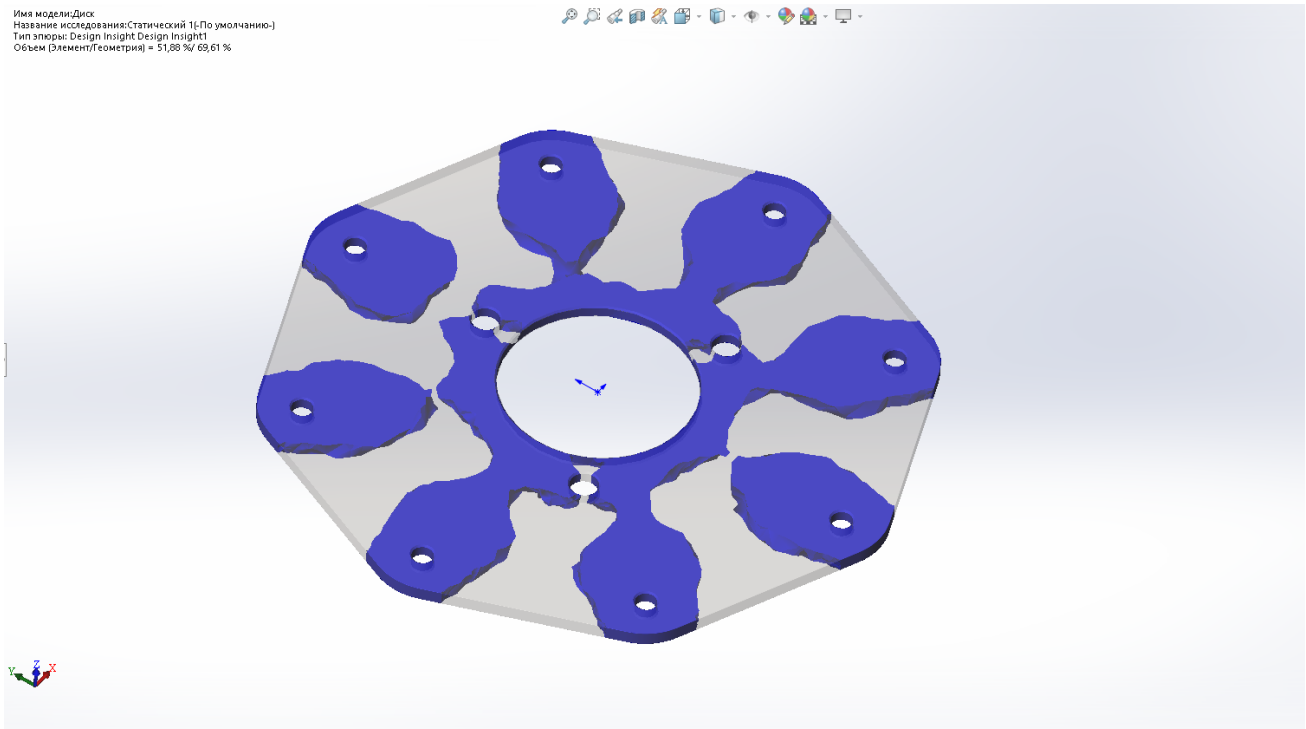


Рис.4.9. Епюра design insight для навантаженого диска ротора

При моделюванні молотків поставимо завдання дослідити можливість застосування легованої сталі (рис.4.12-рис.4.16) та сталі 1020 (рис.4.17-4.21).

Для обох вищеназваних досліджень геометричні параметри молотків, діючі навантаження і схеми кріплення не відвізняються, тому застосуємо одну розрахункову схему молотка (рис. 4.10). Тут схематично вказано кріплення і місця з навантаженням від відцентрової стли молотків та ударних зусиль подрібнення. На рис. 4.11. представлена розрахункова сітка різницевої схеми.

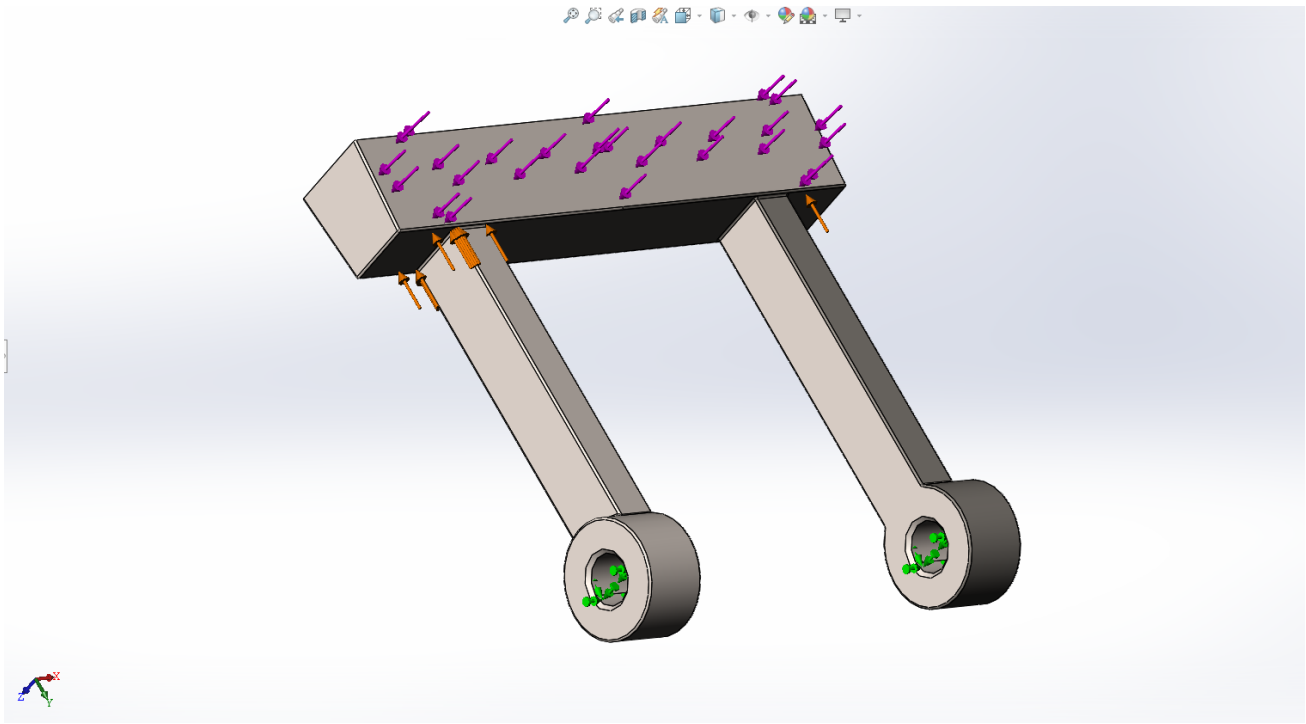


Рис.4.10. Розрахункова схема молотка

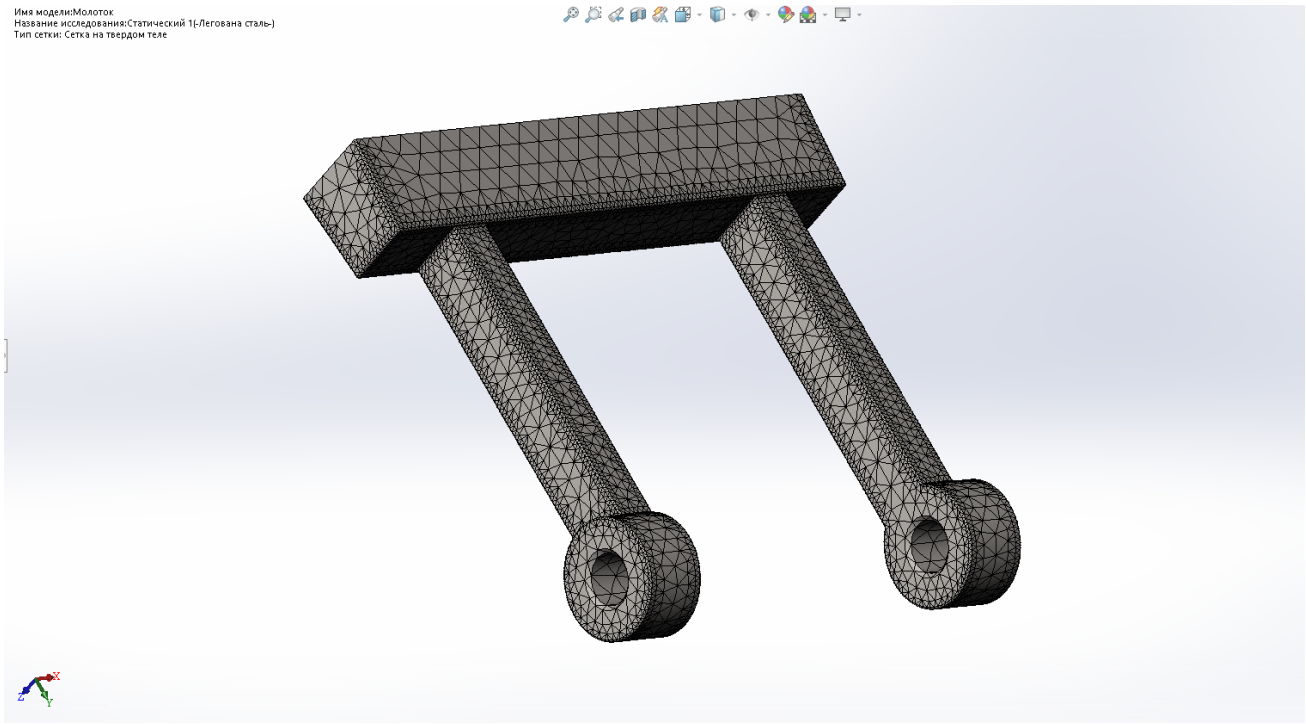


Рис.4.11. Розрахункова сітка різницевої схеми для молотка.

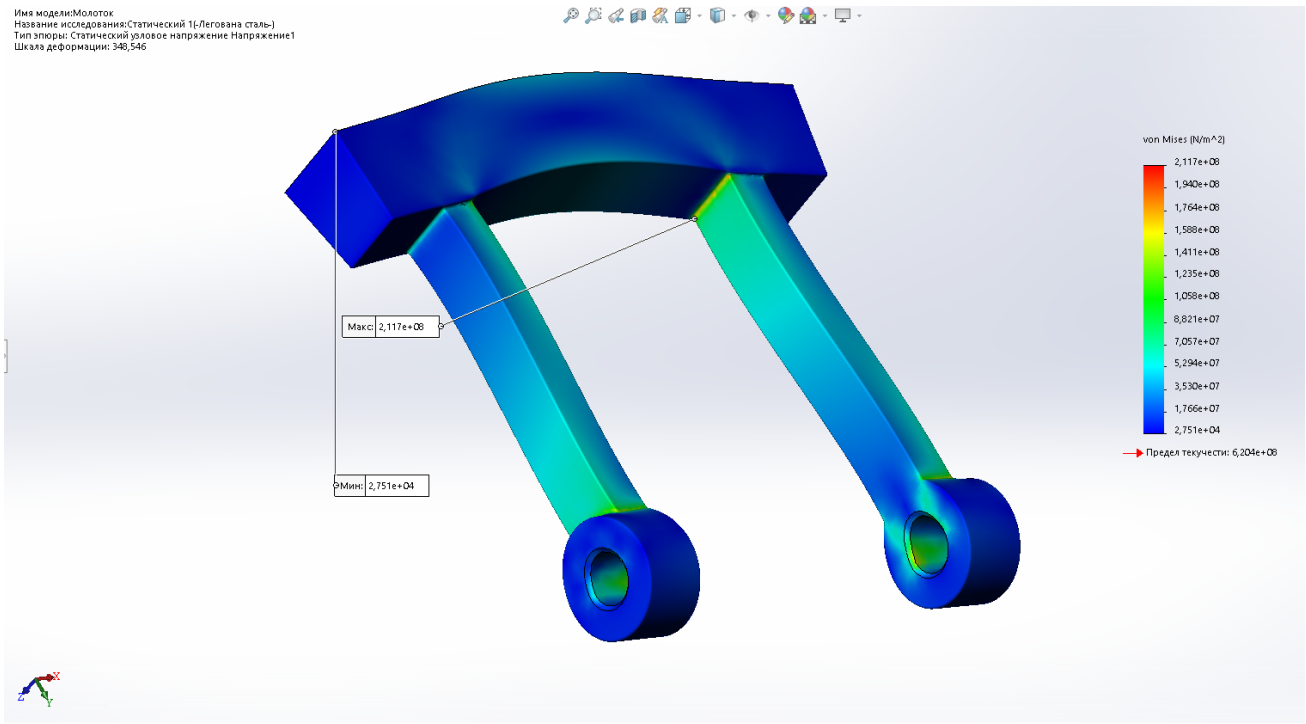


Рис.4.12. Напруження за фон Мізесом для молотка з легованої сталі

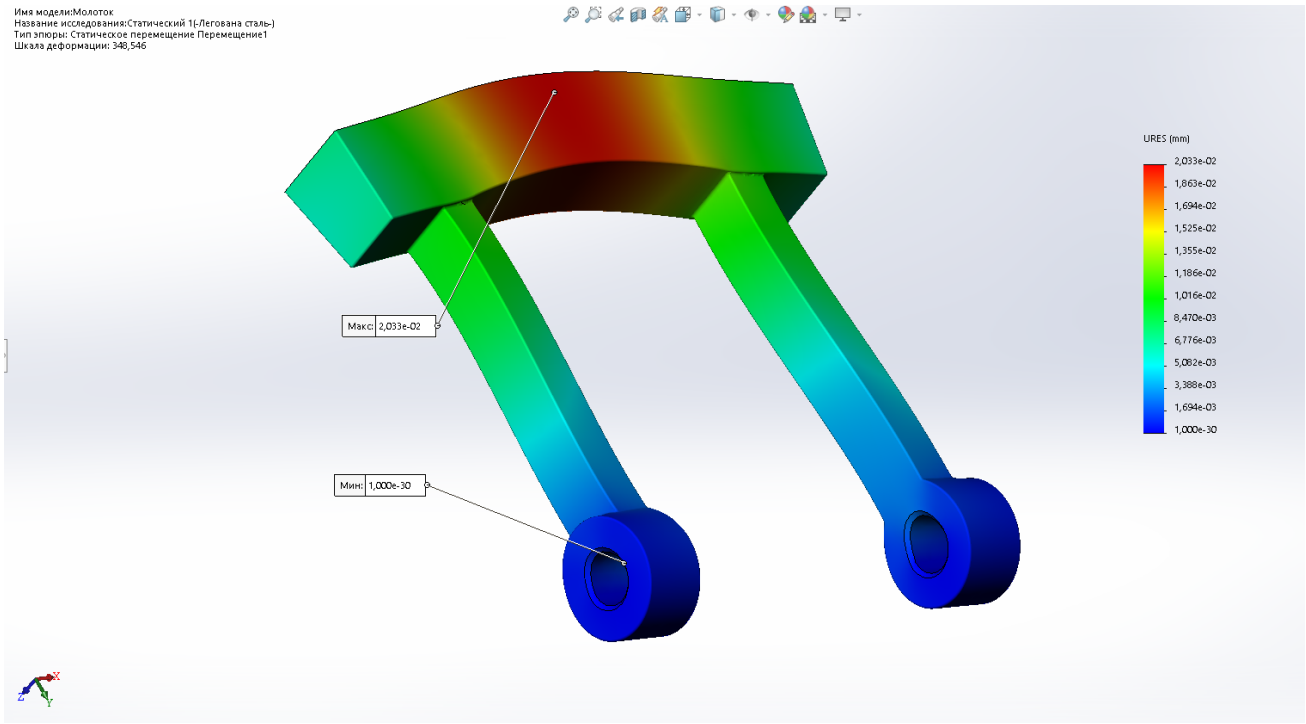


Рис.4.13. Деформації для молотка з легованої сталі.

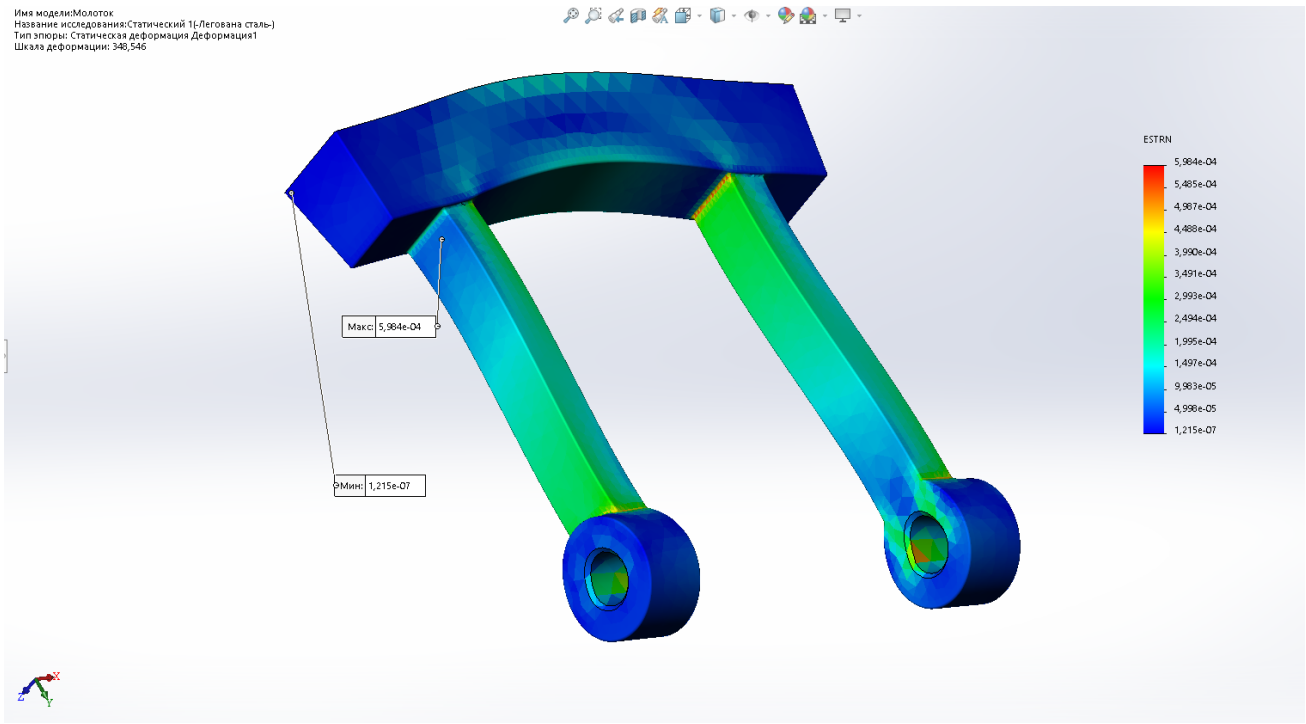


Рис.4.14. Статичні деформації для молотка з легованої сталі

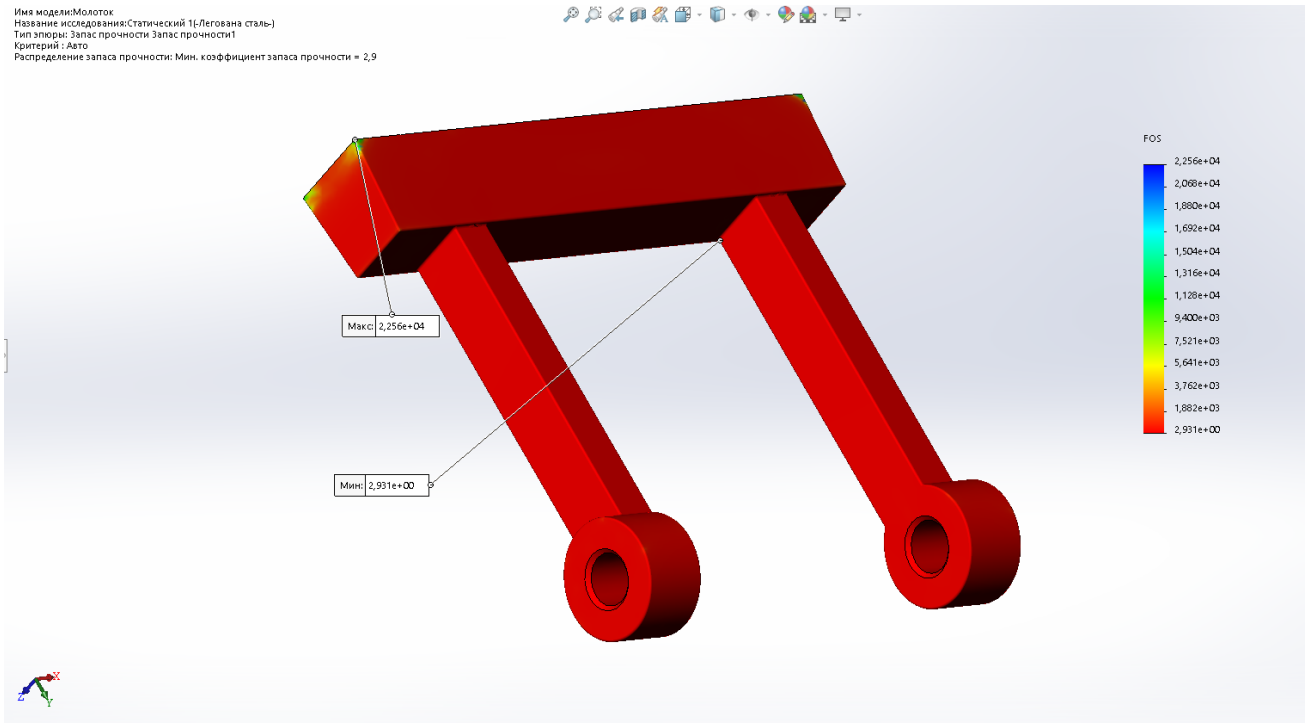


Рис.4.15. Запас міцності для молотка з легованої сталі

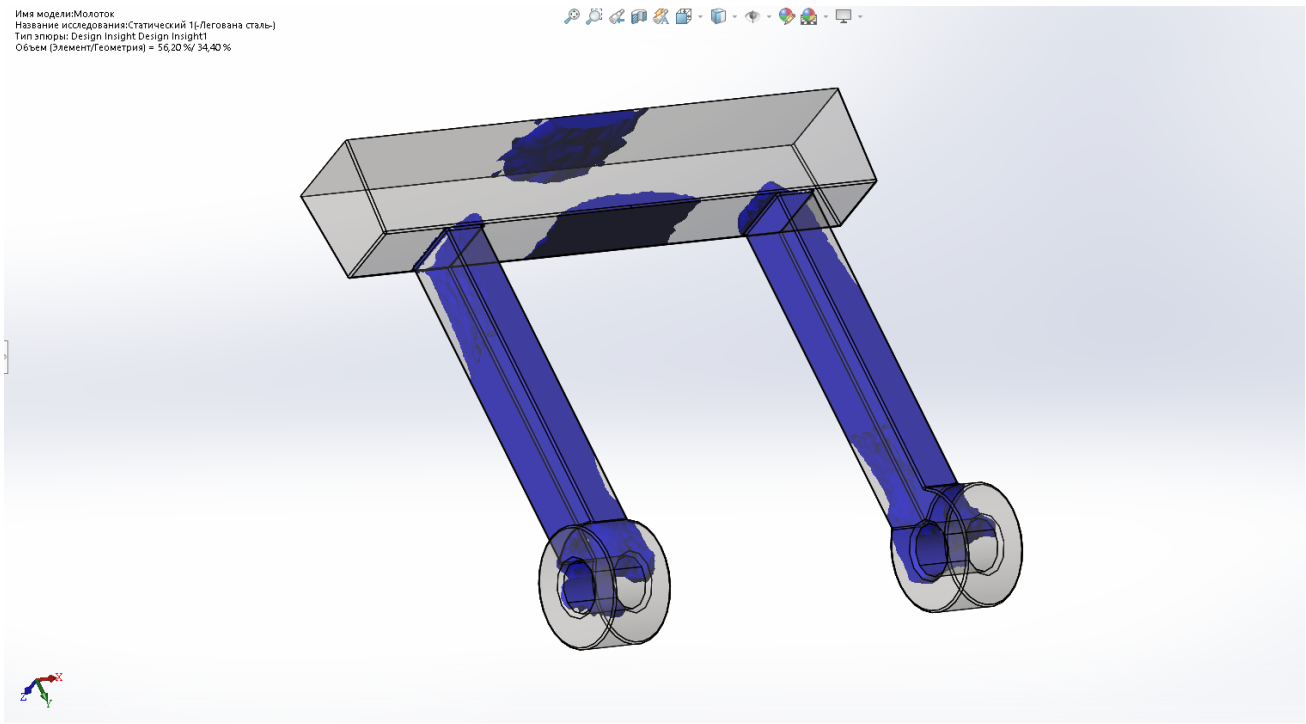


Рис.4.16. Епюра design insight для молотка з легованої сталі

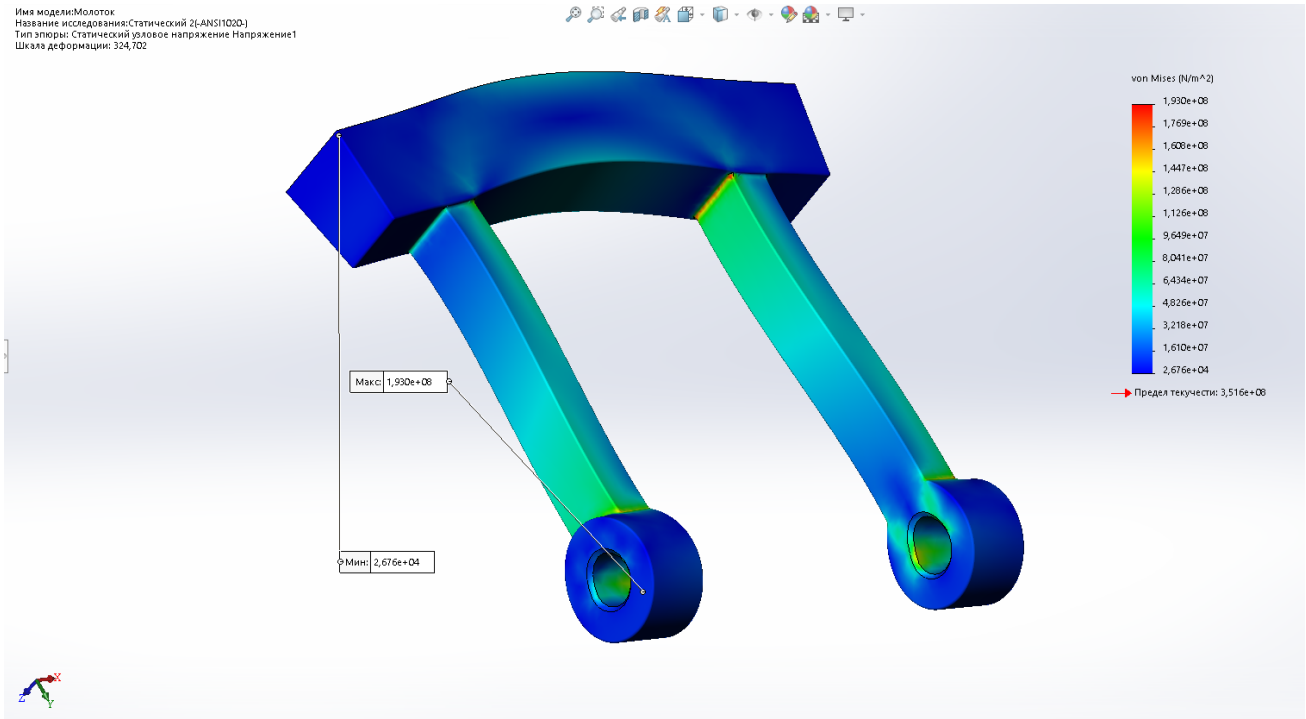


Рис.4.17. Напруження за фон Мізесом для молотка зі сталі 1020

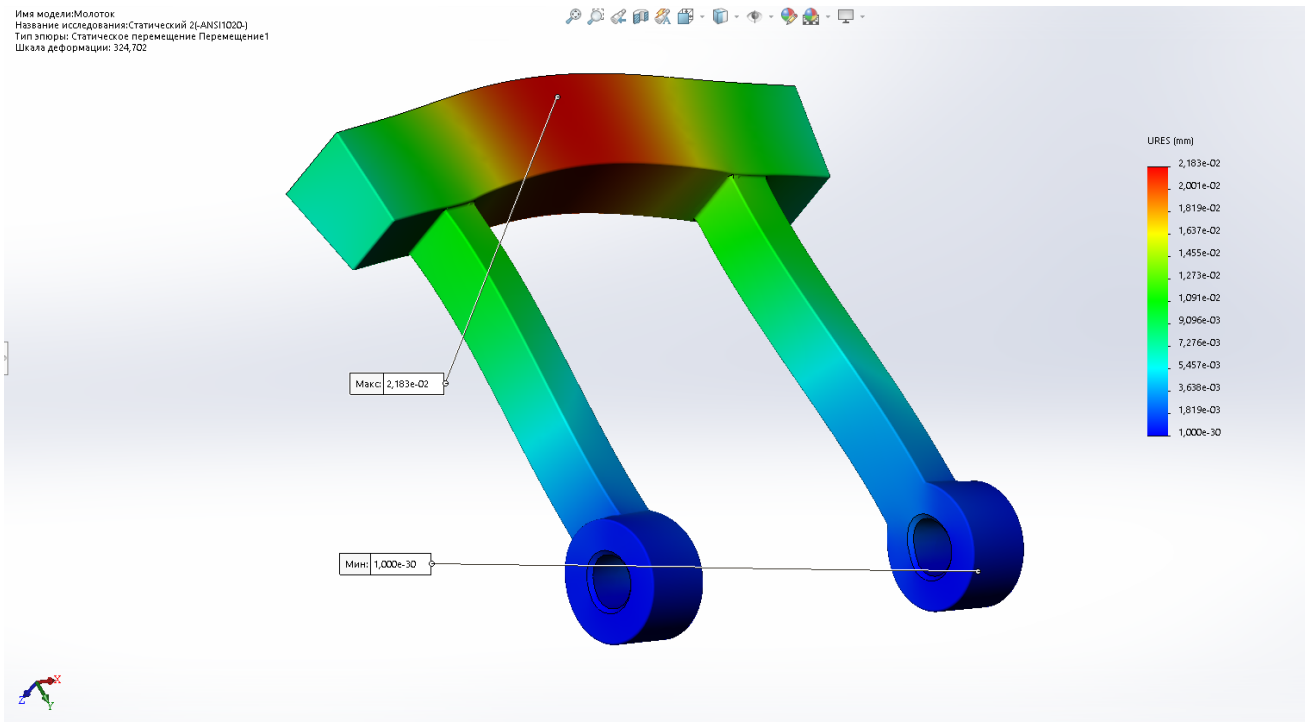


Рис.4.18. Деформації для молотка зі сталі 1020

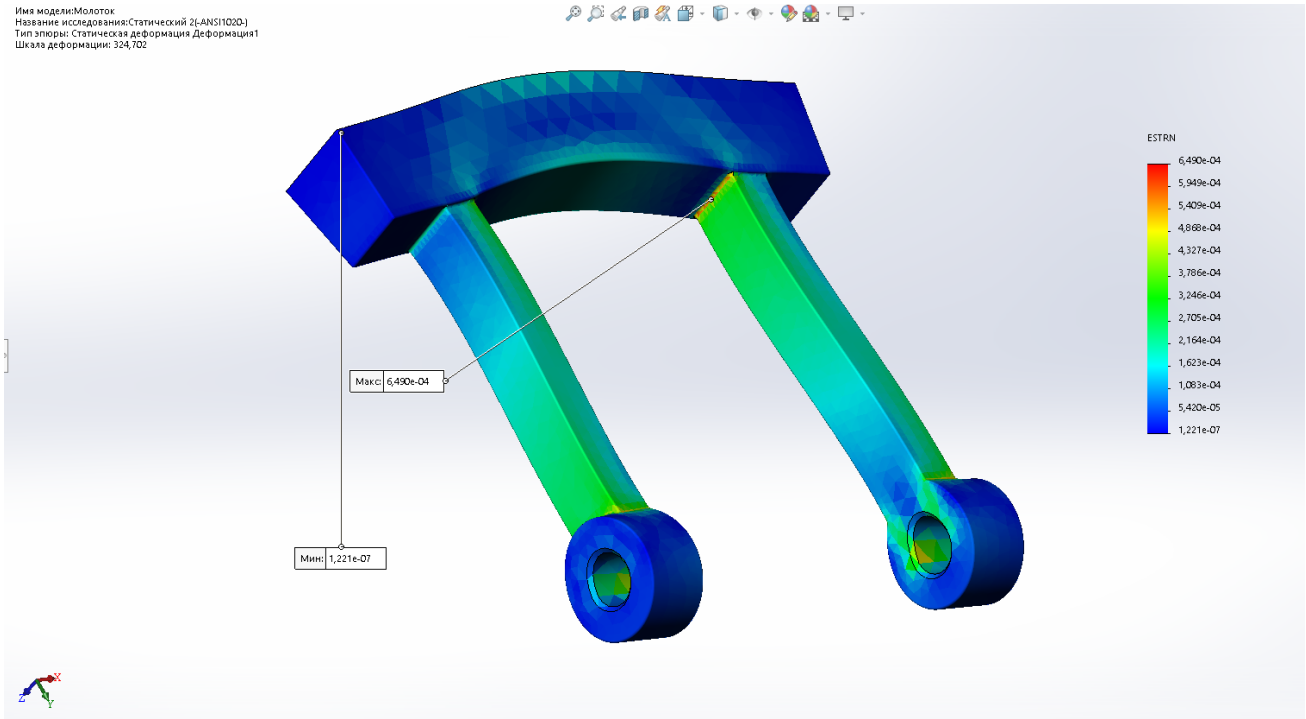


Рис.4.19. Статичні деформації для молотка зі сталі 1020.

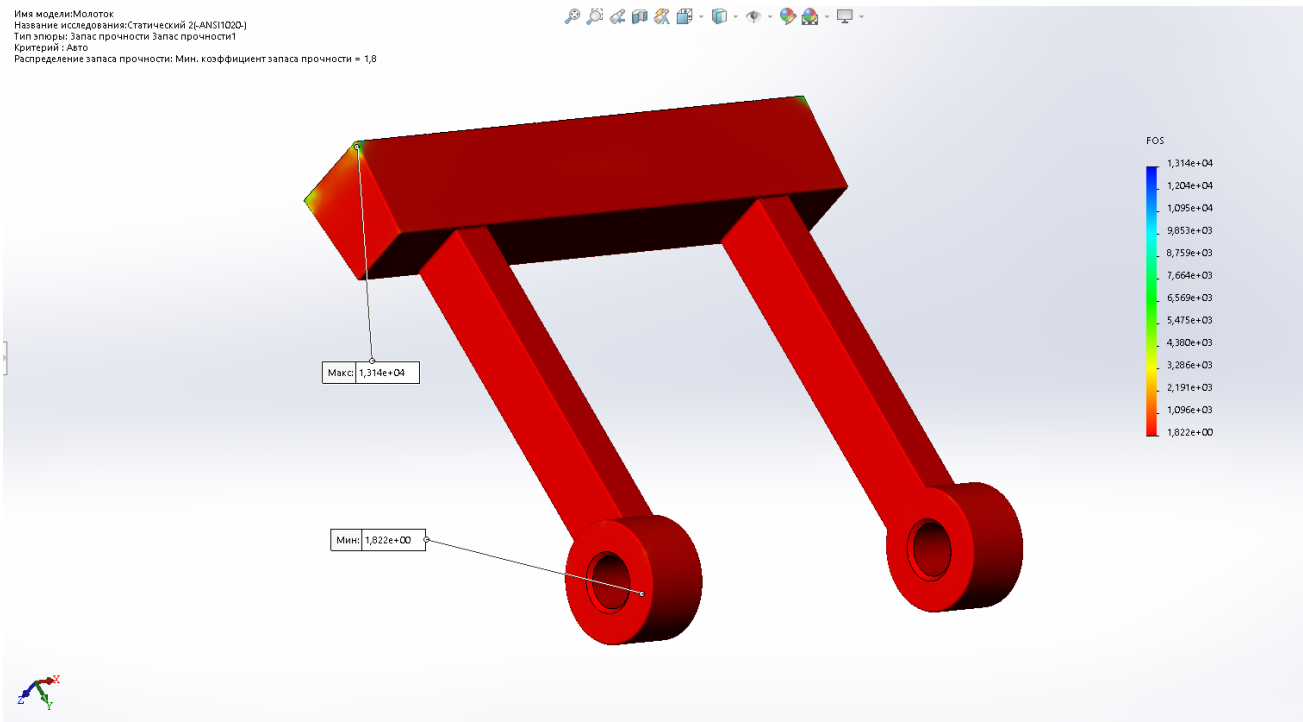


Рис.4.20. Запас міцності для молотка зі сталі 1020

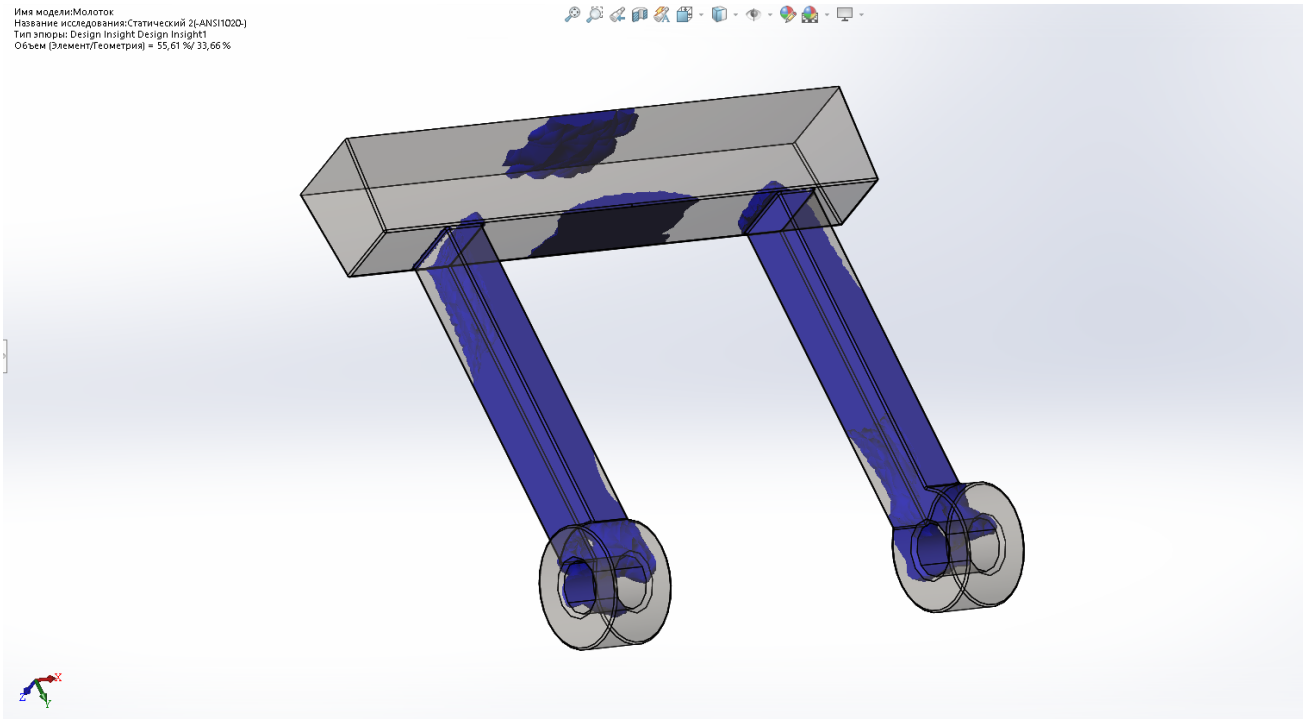


Рис.4.21. Епюра design insight для молотка зі сталі 1020

4.3. Аналіз результатів

За результатами виконання досліджень напруження у найбільш навантаженому місці диска за фон Мізесом складає 2,019e+08 Па, що приблизно втричі менше (рис.4.8), ніж межа текучості матеріалу, тому можна зробити висновок що після облегшення конструкції диска його міцність залишається достатньою для належної роботи у дробарці. Встановлена деформація в роботі 0,003 мм теж не несе ніякої загрози для надійності роботи диска ротора. Аналіз епюри design insight (рис.4.10) вказує на те, що розглянута конструкція на сторонах восьмикутника навантажена несуттєво, тому в тих місцях за потреби може буди потоншена чи вирізана з переходом до конструкції диска у формі восьмигранної зірки.

Аналіз роботи молотків з різних матеріалів під навантаженням показав, що обидва розглянуті випадки мають достатні механічні характеристики для надійної роботи дробарки мікромлина, проте запас міцності у молотка з легованої сталі є суттєво більшим, ніж у молотка зі сталі 1020 – 2,931 проти 1,822. Меншими в молотка з легованої сталі є й деформації, на бойку молотка: 0,02 мм, тоді як у молотка зі сталі 1020 деформації складають 0,022мм. Ця, наче незначна різниця, суттєво проявить себе з часом при роботі на втому. Тому легована сталь для молотка дробарки є кращим вибором, ніж сталь 1020.

5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5.1 Заходи з охорони праці.

В потокової лінії мармеладних виробів та начинок для пряників у технологічному процесі приймають участь: дробарка, просіювач, насоси для води та інших харчових рідин, місильна машина, відсадочна машина, транспотери, глазирувальна машина.

Основним фактором небезпеки при використанні дробарок і просіювачів є велика імовірність виникнення нештатних ситуацій внаслідок накопичення значного заряду статичної електрики, а також загоряння і вибуху дрібного пилу борошна в повітрі. Тому дробарки і просіювачі слід в обов'язковому порядку заземлити і забезпечити достатню вентиляцію для відведення повітря і завислих частинок. Елементи приводу дробарки і просіювача закрито кожухами.

При роботі з дробаркою і просіювачем має місце обробка легко електризованих матеріалів, а отже обслуговуючий персонал може перебувати під впливом електростатичного поля (ЕП).

Гранично припустима напруженість ЕП на робочому місці визначається нормами СН 1757- 75.

Гранично припустима напруженість ЕП на робочому місці обслуговуючого персоналу не повинна перевищувати: при впливі до 1 год - 60 В/м, при впливі від 1 год до 9 год – з умови не більше 60 В/м.

Вимогами з безпечної експлуатації електричних відцентрових передбачається якісне складання і забезпечення точності монтажу. При складанні насосу слід старанно встановлювати ущільнюючі прокладки, кільця і манжети. Основними небезпечними для людей факторами роботи насосів є вібрації та можливість ураження електричним струмом внаслідок надмірної вологості. Для мінімізації і уникнення шкідливої дії вищеназваних чинників передбачається встановлення віброізоляції і заземлення.

Під час роботи підтікання насосу не повинно перевищувати встановлених для даної конструкції максимальних нормативних значень.

При несправному насосі (при задіванні робочих органів за корпус, кришку, при підвищеній вібрації та шумі) працювати не дозволяється.

Технологічні трубопроводи повинні забезпечувати герметичність. Підтікання є недопустимим фактором, оскільки створює додаткові небезпечності для обслуговуючого персоналу (слизька підлога, підвищена вологість). Зростає імовірність падіння і отримання травм, а також ураження електричним струмом.

Місильна машина являє собою корито із місильним органом для якого застосовано електричний привід. Для безпечної експлуатації необхідно забезпечити заземлення машини, а всі рухомі елементи закрити кожухами.

Відсадочна машина являє собою складну систему із електричною та механічною частинами. При її експлуатації обслуговуючий персонал повинен пройти спеціальний інструктаж про роботу і обслуговування машини.

Машина повинна бути заземлена.

Про ввімкнення машини необхідно попередити людей, що знаходяться поблизу машини.

Чистити і змазувати машину на ходу забороняється.

Працювати на машині дозволяється тільки при встановлених і надійно закріплених огорожах.

Заванатаження маси в воронку необхідно здійснювати з тої сторони, де встановлені шестерні, що приводять в рух нагнітаючі валки.

Під час роботи машини забороняється втрамбовувати масу в головцці руками, для запобігання затягування пальців нагнітаючими валками.

При тривалій зупинці машини, а також при зупинці для очистки і ремонту необхідно відключити її від мережі.

При експлуатації транспортерів слід забезпечити відсутність фізичного контакту робітників з їх рухомими елементами, що досягається за рахунок встановлення огорож і захисних кожухів.

У тиражувальної машини слід забезпечити уникнення механічного і електричного травматизму персоналу при фізичному контакті, що досягається монтажом заземлення та встановленням захисних кожухів.

Технологічне обладнання й апаратура потокової лінії мармеладних виробів та начинок для пряників повинні бути зовні пофарбовані фарбою світлих тонів (крім обладнання, виготовленого чи облицьованого нержавіючим матеріалом), не утримуючих шкідливих домішок. Фарбування посуду й інвентарю фарбами, що містять свинець, кадмій, хром не допускається.

Розміщення технологічного обладнання повинні здійснюється відповідно до технологічної схеми, забезпечувати потоковість технологічного процесу, короткі і прямі гідравлічні комунікації, виключати зустрічні потоки сировини і готової продукції.

При розміщенні обладнання повинні бути дотримані умови, що забезпечують вільний доступ працюючих до нього, проведення санітарного контролю за виробничими процесами, якістю сировини, напівфабрикатів і готової продукції, а також можливості мийки, збирання і дезінфекції приміщень і обладнання.

Усі частини, що стикаються з сировиною, повинні бути доступні для чищення, миття і дезінфекції.

При проектуванні і монтажі нового обладнання треба забезпечити: основні проходи в місцях постійного перебування працюючих шириною не менше 1,5 м; проходи біля віконних прорізів, доступних з рівня підлоги, або площадки - не менше 1 м; проходи для огляду і регулювання апаратів і приладів - не менше 0,8 м; проходи для огляду трубопроводів і апаратів, які не треба регулювати - не менше 0,7 м; ширина проходів між автоматичними і механізованими лініями (по їх осях) і головних проїздів - не менше 2,4 м. Розриви між окремими машинами, верстатами, ємкостями, розміщеними в одному ряду - не менше 0,35 м.

Освітлення виробничих приміщень повинне відповідати вимогам Сніп "Природне і штучне освітлення. Норми проектування" і "Санітарним вимогам до проектування підприємств переробної промисловості".

У виробничих приміщеннях найбільше прийнятно природне освітлення: світловий коефіцієнт (СК) повинний бути в межах 1:6 - 1:8. У побутових приміщеннях СК повинний бути не менше бути не менш 1:10. Коефіцієнт

природного освітлення (КЕО) повинний бути передбачений з урахуванням характеру праці і зорової напруги.

При недостатнім природному освітленні варто застосовувати штучне освітлення - переважно люмінесцентні лампи. У приміщеннях з тяжкими умовами чи праці не мають постійних робітників місць варто використовувати лампи накалювання.

Штучне освітлення повинне бути представлене загальним у всіх цехах і приміщеннях, а у виробничих при необхідності - місцевим чи комбінованим.

При розміщені стрічкових, роликових та інших транспортерів треба передбачати проходи між стіною і однією поздовжньою стороною транспортера не менше 0.7 м, а між двома паралельно розміщеними транспортерами - не менше 0,9 м. При цьому з протилежної сторони транспортери при стрічці завширшки до 60 см можна встановлювати впритул до стіни, а при стрічці завширшки понад 60 см роблять розрив від стіни завширшки не менше 0,4 м; при наявності на транспортерах перекидних візків проходи збільшують з врахуванням виступаючої частини візка.

Одними з найбільш поширених на переробних підприємствах небезпечних ситуацій є ситуації, пов’язані з використанням обладнання, яке має рухомі елементи (так звані механічні небезпеки). До механічних відносять небезпечності, які можуть виникнути біля любого об’єкту, здатного спричинити травму в результаті неспровокованого контакту об’єкту або його частини з людиною. До таких небезпечних елементів на заводі в першу чергу відносяться ланцюгові та пасові передачі приводу технологічного обладнання, відкриті зубчаті передачі тощо. Ситуації, пов’язані з механічними небезпечностями нормуються ГОСТами 12.0.003–74, 12.0.002–80, 12.4.125–83 та ін.

Секції агрегатів повинні мати двері, які легко відчиняються, запобіжні прилади, що запобігають травматизму працівників і забезпечують свободу рухів і дій операторів. Для цього монтуються механізми фотоелектричного блокування, що у випадку виникнення перепон на шляху променя світла не дозволяє ввімкнути привід машини.

Найбільш дієвими в такому випадку запобіжними заходами є створення умов, коли небезпечна частина не є легкодоступною (наприклад, закривається кожухом чи кришкою), а також застосування кінцевих електричних контактних датчиків, які припиняють подачу струму у випадку відкриття або демонтажу запобіжної кришки чи кожуха.

Технологічне обладнання, апаратура, посуд, тара, інвентар, плівка і вироби з полімерних і інших синтетичних матеріалів, повинні бути виготовлені з матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

Ванни, металевий посуд, спуски, лотки, жолоби і т.д. повинні мати гладкі, внутрішні поверхні, що очищаються легко, без щілин, зазорів, що виступають чи болтів заклепок, що утрудняють очищення. Варто уникати використання дерева й інших матеріалів, що погано миються і дезінфікуються.

Робочі поверхні (покриття) столів для обробки харчових продуктів повинні бути гладкими, без щілин і зазорів, виготовлені з нержавіючого чи металу полімерних матеріалів, дозволених органами санепідемнагляду для контакту з харчовими продуктами.

5.2. Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Підвищення стійкості роботи промислового об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій є важливою задачею ЦО.

Основні заходи по підвищенню стійкості, що проводяться на об'єктах в мирний час, передбачають: захист робітників і службовців і інженерно-технічного комплексу від наслідків стихійних лих, аварій (катастроф), а також первинних і вторинних вражаючих факторів ядерного вибуху; забезпечення надійності керування і матеріально-технічного забезпечення; світломаскування об'єкта; підготовку його до відновлення порушеного виробництва і переводу на режим роботи в умовах надзвичайних ситуацій.

Надійний захист робітників і службовців є важливим фактором підвищення стійкості роботи любого об'єкту народного господарства. З цією метою

будуються захисні споруди: сховища для захисту найбільшої працюючої зміни підприємства і протирадіаційного укриття в за місцевій зоні для віддихаючої зміни і членів їх сімей. На ділянках з безперервним виробничим процесом будуються індивідуальні сховища з дистанційним керуванням технологічним процесом. Проводяться підготовчі заходи по розосередженню і евакуації в за місцеву зону виробничого персоналу і членів їх сімей; накопиченні, збереженні і підтримуванні засобів індивідуального захисту.

Важливим елементом підготовки по захисту є навчання робітників і службовців вмілому використанню засобів і методів захисту, діям в надзвичайних ситуаціях, а також в складі формувань при проведені рятувальних і інших невідкладних робіт.

Захист інженерно-технічного комплексу передбачає збереження матеріальної основи виробництва: будівель і споруд, технологічного обладнання і комунально-енергетичних мереж.

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розмішувати розосереджено. Між будівлями повинні бути протипожежні розриви шириною не менше сумарній висоті двох сусідніх будівель.

Найбільш важливі виробничі будівлі необхідно будувати пониженої висоти, по конструкції — краще залізобетонні з металічним каркасом.

В камінних будівлях перекриття повинні бути з армованого бетону або із бетонних плит. Великі будівлі потрібно розділяти на секції стінами, які не горять (брандмауерами).

Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, керосин, нафта, мазут) повинні розміщуватись в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля границь території об'єкта або за її межами.

Від стійкості будівель і споруд залежить, як правило, стійкість всього об'єкта. Підвищення їх стійкості досягається встановленням каркасів, рам, підкосів, контрфорсів, проміжних опор для зменшення зазорів несучих конструкцій (Рис. 5.1).

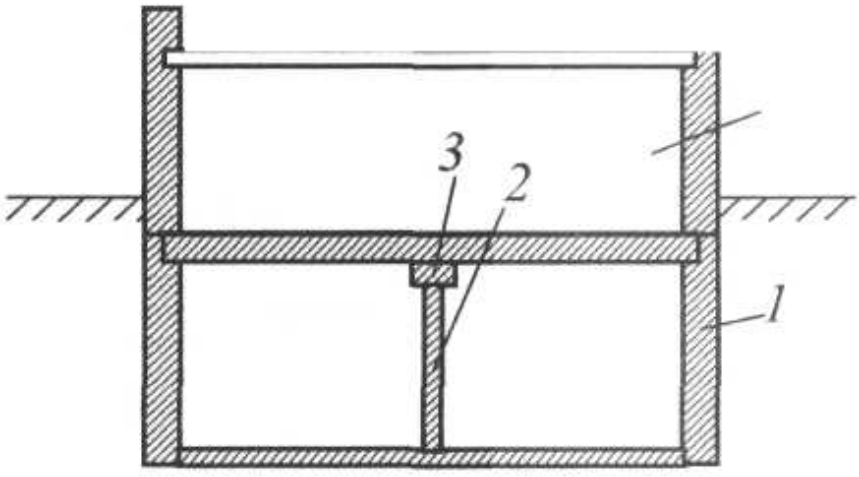


Рис. 5.1 - Підсилення підвальних приміщень:

1 - підвал; 2 - стійка; 3 - балка; 4 - перший поверх

Невисокі споруди для підвищення їх міцності частково обсипаються землею (Рис. 5.2).

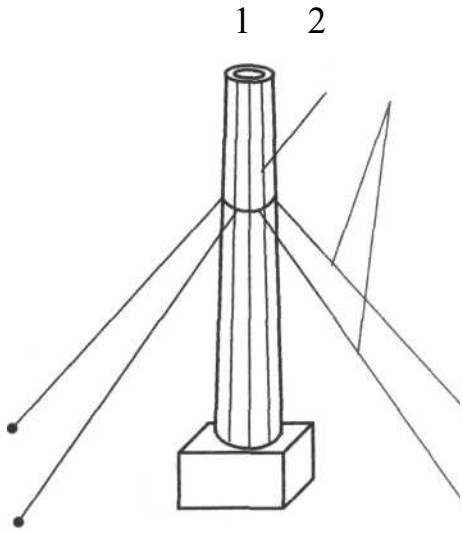


Рис. 5.2 -Укріплення високих споруд:

1 - труба; 2 - відтяжки колони.

Високі споруди для підвищення їх міцності (труби, вишки, башти) закріпляються відтягненнями, розрахованими на дію швидкісного напору ударної хвилі (Рис. 5.3). Захист ємностей з сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР) і легкозаймистими рідинами здійснюється шляхом їх обвалування - утворення земляного валу навколо ємності, розрахованого на утримання повного об'єму рідини.

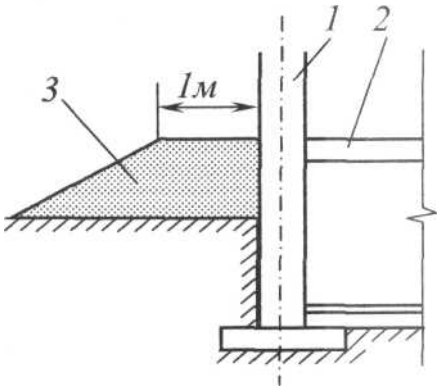


Рис. 5.3 - Обсипання землею напівпідвальних приміщень:
1 - стіна; 2 — перекриття; 3 – обсипання.

Основні заходи по підвищенню стійкості технологічного обладнання заключаються в спорудженні на ним спеціальних пристроїв (у вигляді кожухів, наметів, зонтів і т. д.), що захищають від пошкоджень обломками конструкцій, що руйнуються. При недостатній стійкості самого обладнання від дії швидкісного напору ударної хвилі воно повинно бути міцно закріплене на фундаментах анкерними болтами.

При переоснащенні і розширені промислових об'єктів найбільш цінне і унікальне обладнання необхідно розміщати на нижчих поверхах і підвальних приміщеннях або в спеціальних захисних спорудах. Доцільно також розміщувати його в окремо стоячих будівлях павільйонного типу, що мають полегшені і негорючі обмежувальні конструкції, руйнування яких не вплине на цілісність обладнання.

Підвищення стійкості систем електрозабезпечення досягається проведенням як загально місцевих, так і об'єктних інженерно-технічних заходів.

Електроенергія повинна поступати на об'єкт по двох напрямках, при живленні з одного напрямку необхідно передбачати автономне (аварійне) джерело (пересувна електростанція).

Трансформаторні приміщення, розподільча апаратура і прилади повинні бути надійно захищені, в тому числі від електромагнітного імпульсу ядерного вибуху.

Особливу увагу повинно приділятись стійкості систем подачі газу. Вся система газо забезпечення кільцюється, що дозволяє відключити пошкоджені ділянки і використати збережені лінії.

На газопроводах потрібно встановлювати запірну арматуру з дистанційним керуванням і крани, що автоматично перекривають газ при пошкоджені труб.

Особливо важливе значення має створення стійкої системи водозабезпечення об'єкта. Забезпечення водою повинно здійснюватись від двох джерел - основного і резервного, один з яких повинен бути підземним (наприклад, артезіанська свердловина).

Резервним джерелом можуть бути близько розміщена водойма, від якої до об'єкта завчасно підводиться водопровід, а також резервуари з запасом води, що захищені від радіаційного, хімічного і біологічного зараження. Мережі водозабезпечення обладнуються засувками для виключення окремих ділянок при аваріях.

Стійкість роботи об'єктів визначається також надійністю систем паро -і теплозабезпечення. Промислові об'єкти повинні мати два джерела пару і тепла - зовнішній і внутрішній центр теплозабезпечення. Котельні повинно розміщувати в підвальних приміщеннях або в спеціально обладнаних окремо стоячих захисних спорудах.

Теплова мережа кільцюється, паралельні ділянки з'єднуються. Паропроводи прокладаються під землею в спеціальних ровах. На паротеплових мережах встановлюються запірно-регулюючі приспосіблення.

Для підвищення стійкості каналізації потрібно будувати окремі системи: одна - для дощових, друга - для промислових і господарських стоків.

В системі промислової і господарської каналізацій необхідно обладнати не менше двох випусків в міські колектори. На випадок аварій в міських мережах і на насосних станціях система каналізації повинна мати аварійне скидання в розміщенні поблизу струмки, яри або в дощову мережу.

Додатково проводяться слідуючи заходи. Максимально зменшуються запаси вибухонебезпечних, вогненебезпечних і сильнодіючих речовин

безпосередньо на території об'єкта; наднормативні резерви вивозяться на безпечну відстань. На трубопроводах потрібно встановлювати автоматичні відмикаючи пристрої і клапани-відмикачі, що перекривають ділянки, що вийшли з ладу. Для цілей дегазації на хімічних підприємствах з СДОР необхідно мати резерв різних дегазаційних речовин (лугів, водного розчину аміаку, сірчаного натрію і ін.).

В цехах потрібно обладнати автоматичну сигналізацію, яка б попереджала аварії, вибухи і загазованість території; потрібно передбачити, де це потрібно, будівництво захисних дамб від затоплення території, підготовити і раціонально розмістити засоби пожежегасіння.

Для забезпечення безперервного керування необхідно мати на об'єкті надійно захищені пункти керування, диспетчерські пункти, АТС і радіовузол, резервну електростанцію для зарядки акумуляторів АТС і живлення радіовузла; надійний зв'язок з місцевими органами влади, вищестоящим начальником ЦО і його штабом, з формуваннями на об'єкті і в за місцевій зоні; ефективну систему оповіщення посадових осіб і всього виробничого персоналу підприємства.

Надійність матеріально-технічного забезпечення забезпечується: встановленням стійких зв'язків з підприємствами-постачальниками; завчасної підготовки складів для зберігання готової продукції; переходу на місцеві джерела сировини і палива; будівництвом за межами великих міст філіалів підприємств; створенням на об'єктах запасів сировини, палива, обладнання матеріалів і комплектуючих деталей; організацією забезпечення запасами в межах об'єднання, галузі.

Світломаскування об'єктів народного господарства проводиться для утруднення їх виявлення і розпізнання їх авіацією в темну пору доби оптичними засобами. Вона включає заходи по зниженню освітленості населених пунктів і об'єктів народного господарства, інтенсивності сигнальних, транспортних і виробничих вогнів, імітацію демаскуючих ознак на спеціально створених оманних об'єктах. Підготовка об'єктів до відновлення повинна передбачати плани першочергових відновлювальних робіт по декількох варіантах можливого

пошкодження, руйнування об'єкта з використанням сил самих об'єктів, будматеріалів, з врахуванням при необхідності розміщення обладнання на відкритих площадках, перерозподілення робітничої сили, приміщень і обладнання.

Для забезпечення цілісності технічної документації доцільно виготовлення копій її у вигляді мікрофільмів, один екземпляр повинен зберігатись в за місцевій зоні.

Вказані в розділі способи і засоби захисту повинні впроваджуватись у всі види переробних підприємств з урахуванням характеру небезпечностей для забезпечення надійності роботи підприємств в умовах надзвичайних ситуацій.

Висновки

В даній кваліфікаційній роботі запропоновано заходи з модернізація мікромлина для цукру з дослідженням його конструктивних елементів на міцність..

За результатами аналізу запропоновано технічне рішення з полегшення диска ротора і переходом до його восьмикутної (за числом молотків) форми. Також розглянуто питання заміни матеріалу молотка на леговану сталь, яка має вищу межу текучості та ударну в’язкысть.

За результатами виконання досліджень напруження у найбільш навантаженому місці диска за фон Мізесом складає 2,019e+08 Па, що приблизно втричі менше (рис.4.8), ніж межа текучості матеріалу, тому можна зробити висновок що після облегшення конструкції диска його міцність залишається достатньою для належної роботи у дробарці. Встановлена деформація в роботі 0,003 мм теж не несе ніякої загрози для надійності роботи диска ротора. Аналіз епюри design insight (рис.4.10) вказує на те, що розглянута конструкція на сторонах восьмикутника навантажена несуттєво, тому в тих місцях за потреби може буди потоншена чи вирізана з переходом до конструкції диска у формі восьмигранної зірки. Аналіз роботи молотків з різних матеріалів під навантаженням показав, що обидва розглянуті випадки мають достатні механічні характеристики для надійної роботи дробарки мікромлина, проте запас міцності у молотка з легованої сталі є суттєво більшим, ніж у молотка зі сталі 1020 – 2,931 проти 1,822. Меншими в молотка з легованої сталі є й деформації, на бойку молотка: 0,02 мм, тоді як у молотка зі сталі 1020 деформації складають 0,022мм. Ця, наче незначна різниця, суттєво проявить себе з часом при роботі на втому. Тому легована сталь для молотка дробарки є кращим вибором, ніж сталь 1020.

Також в даній дипломній роботі здійснено обґрунтування прийнятих в роботі рішень, вирішення питань охорони праці, та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Перелік посилань

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. /За ред. І.С.Гулого – Вінниця: Нова книга, 2001р. –576с.
2. Бауман В.А. Теория энергоемкости измельчения. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д.. - М.: Машиностроение, 1981. - 327 с.
3. Г.С. Писаренко. Справочник по сопромату / Г.С. Писаренко.— К.: Наукова думка, 1988.— 734с.
4. Лащинский А.А. Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. Справочник / Лащинский А.А., Толчинский А.Р.— Л.: “Машиностроение”, 1970.— 752с.
5. Бутковский В.А. Технология мукомольного крупяного и комбикормового производства / Бутковский В.А., Мельников Е.М.. - М.: Агропромиздат, 1989. - 264 с.
6. Бабин Н.І. Вимоги до подрібнювачів. // Збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 25-26 листопада 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — Том 2. — С. 140.
7. Глебов Л.А. Рациональные режимы и оценка эффективности работы дробилок ударного действия. Обзорная информация / Глебов Л.А., Семенов Е.В.. - М.: ЦНИИТЭИ, 1991. - 77 с.
8. Клейс И.Р. Износостойкость элементов измельчителей ударного действия / Клейс И.Р., Уэймс Х.Х.. - М., 1986. - 157 с.
9. Лапшин В.Б. Расчет и исследование дезинтегратора с плоскими ударными элементами // Хим. и нефт. Машиностроение / Лапшин В.Б., Богородский А.В., Блиничев В.Н., Шигина Г.Г.. - № 9, 1981. - С. 33-34.
10. Овчинникова Н.В. Хранение и переработка зерна. Мукомольнокрупяная промышленность за рубежом. - Москва: ЦНИИИТЭИ. - 1985, -№ 8. - С. 4-5.
11. Оспанов А.А. Измельчение зерна и продуктов его переработки / Оспанов А.А., Глебов Л.А.. - Алматы, 1998. - 177 с.

12. Оспанов А.А. Измельчение сыпучих материалов пищевых производств / Оспанов А.А., Попелюшко А.В.. - Алматы, 1999. - 154 с.
13. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Инженерный анализ для профессионалов: задачи, методы, рекомендации. / А.А. Алямовский. – ДМК Пресс, 2015. – 562 с.
14. Алямовский А.А. SolidWorks Simulation. Как решать практические задачи. / А.А. Алямовский. – BHV, 2012. – 445 с.
15. SolidWorks 2010: Расширенное моделирование деталей. / SolidWorks Corporation, SolidWorks Corporation.– 2009.– 333 с.
16. SolidWorks 2010 - Моделирование сборок. / SolidWorks Corporation, SolidWorks Corporation.– 2009.– 393 с.
17. Никитин В.С. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности / В.С. Никитин, Ю.М. Бурашников. –М.: Агропромиздат, 1991.– 349с.
18. Сенькин Е.Г. Охрана труда в пищевой промышленности / Е.Г. Сенькин.– М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981.– 248с.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)
Національна академія наук України
Університет імені П'єра і Марії Кюрі (Франція)
Маріборский університет (Словения)
Технічний університет у Кошице (Словаччина)
Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса (Литва)
Шяуляйська державна колегія (Литва)
Жешувський політехнічний університет ім. Лукасевича (Польща)
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь)
Міжнародний університет цивільної авіації (Марокко)
Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)
Наукове товариство ім. Шевченка
ГО «Асоціація випускників Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»

АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Збірник

тез доповідей

Том II

IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів

25-26 листопада 2020 року

УКРАЇНА
ТЕРНОПІЛЬ – 2020

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ternopil Ivan Puluj National Technical Universtiy (Ukraine)
The National Academy of Sciences of Ukraine
Pierre and Marie Curie University (The French Republic)
University of Maribor (The Republic of Slovenia)
Technical University of Košice (The Slovak Republic)
Vilnius Gediminas Technical University (The Republic of Lithuania)
Šiauliai State College (The Republic of Lithuania)
Belarusian National Technical University (Republic of Belarus)
Rzeszów University of Technology (Republic of Poland)
International Academy Mohammed VI of Civil Aviation (Morocco)
National University of Life and Environmental Sciences of Ukrainehas (Ukraine)
T. Shevchenko Scientific Society

CURRENT ISSUES IN MODERN TECHNOLOGIES

Book

of abstract

Volume II

of the IX International scientific and technical conference of young researchers and students

25th-26th of November 2020

UKRAINE
TERNOPIL – 2020

СЕКЦІЯ: ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ХАРЧОВИХ БІО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ

1. **Д.А. Арутюнян, Л.А. Сторож, О.С. Покотило** 139
ЖИРНОКИСЛОТНИЙ СКЛАД СИРІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА

2. **Н.В. Бабин** 140
ВИМОГИ ДО ПОДРІБНЮВАЧІВ

3. **Н.І. Баглай, Б.Л. Шамчук** 141
УДОСКОНАЛЕННЯ ПАСТЕРИЗАЦІЙНО–ОХОЛОДЖУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ ОПЛ-10

4. **І.В. Бойко, О.В. Бойко** 142
АНАЛІЗ ФАСУВАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ

5. **Д. В. Бублик, А. М. Василишин, Н. М. Зварич** 144
НАПРЯМКИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНОПРОДУКТІВ

6. **В.В. Власов, В.Р. Сельський** 145
ВИКОРИСТАННЯ АЛИЧІ У ВИРОБНИЦТВІ СОКІВ

7. **Д.Я. Далєвська, О.С. Покотило** 146
ВПЛИВ БІОЛОГІЧНОГО АКТИВНОГО ЙОДУ НА ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ КЕФІРУ

8. **Ю.М. Добощук** 147
ВПЛИВ ВЖИВАННЯ ХЛІБУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

9. **Р.І. Дубовий, В.П. Гладій** 148
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТІСТА

10. **В.В. Конюкевич** 149
ОСОБЛИВОСТІ ВАКУУМНИХ КОВБАСНИХ ШПРИЦІВ

11. **Т. Є. Мурин, В. Р. Сельський** 150
СПОСОБИ ПІДГОТОВКИ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СОКУ ІЗ СЛИВИ

12. **І.Т. Новіков, О.С. Покотило** 151
ЛЛЯНА ОЛІЯ ЯК ДЖЕРЕЛО ОМЕГА-3 ПОЛІНЕНАСИЧЕНИХ КИСЛОТ ПРИ СТВОРЕННІ КУПАЖІВ

13. **А.А. Островська** 152
РОЗЛИВ ПИВА У КЕГИ – ГАРАНТІЯ ЯКОСТІ

УДК 621.9
Н.В. Бабин
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВИМОГИ ДО ПОДРІБНЮВАЧІВ

N.V. Babyn

DESINTEGRATORS REQUIREMENTS

Подрібнення є процесом механічного руйнування твердих тіл під дією зовнішніх сил. Залежно від габаритів руйнованих тіл і цілей організації їх руйнування процес передбачає руйнування або одного, або декількох, або більшої кількості тіл.

У промисловості організація процесу руйнування тіл передбачає масове подрібнення потоку твердих тіл. Ця особливість промислового подрібнення висуває на перший план пошук найбільш ефективних способів подрібнення твердих тіл.

Серед відомих способів промислового подрібнення виділяються розчавлювання, розколювання, стирання, різання, удар обмежений і удар вільний.

Реалізація способів промислового подрібнення припускає переважання одного з названих способів. Разом з цим у будь-якій реалізації є присутніми у більшій або меншій мірі усі способи подрібнення.

На практиці часто використовується подрібнення ударом. Це пов'язано, передусім, з економічністю його технічної реалізації при масовому подрібненні твердих тіл. Подрібнення вільним ударом припускає організацію взаємодії предметів і засобів руйнування, а також рухи вхідних і вихідних потоків твердих тіл і їх частин. Окрім цього потрібна локалізація процесу і управління потоками твердих тіл і роботою засобів їх руйнування.

Промислова реалізація подрібнення має ряд особливостей, серед яких можна виділити наявність таких властивостей предметів руйнування, як їх вологість, в'язкість, пружність і тому подібне. У зв'язку з цим, подрібнення цих предметів вимагає розробки подрібнювачів спеціальної цільової конструкції.

До процесу подрібнення пред'являється ряд природних вимог - реалізовності, економічності і його ефективності. Окрім цього істотними є вимоги до продукції подрібнення, які витікають з її призначення : для згодовування в натуральному виді або у складі кормових сумішей, для штучної сушки у високотемпературних сушарках або механічного обезводнення, гранулювання або брикетування, приготування сінажу або силосу. У одному випадку продукція подрібнення має бути однорідною, в іншому випадку мати допустиму дисперсність, в третьому - допустимі лінійні розміри подрібнених частин.

Вимоги до процесу і продукції подрібнення істотно враховуються при виборі або розробці подрібнювача. З підвищенням вимог найчастіше ускладнюється конструкція подрібнювача, збільшується його вартість. У зв'язку з цим істотне значення має пошук такої конструкції подрібнювача, яка дозволяла б задовольнити більше вимог до процесу і продукту подрібнення.

Конструкція подрібнювача обов'язково враховує взаємодію робочих органів машин з технологічною масою, якість і енергоємність процесів подрібнення, а також їх залежність від фізико-механічних характеристик технологічної маси - структури, вологості гранулометричного складу (розмірів), щільності, об'ємної маси, забрудненості чужорідними предметами, коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього тертя, кута природного відкосу, міцності часток (зернових), опірності стебел і коренеплодів подрібненню.