

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
Імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут (ММІ)

Кафедра Прикладної механіки (ПМ)

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 131 Прикладна механіка

(код і назва спеціальності)

на тему: Зменшення похибки закріплення при обробці деталей складної конфігурації

Виконав: студент 2 курсу, групи МТ-93мп

(шифр групи)

Яворський Тарас Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доц. Медведєв В. В.

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

(підпис)

Консультант _____

(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

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

(підпис)

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

Студент _____

(підпис)

Київ – 2020 року

РЕФЕРАТ

Структура та об'єм роботи. До магістерської дисертації входять:

- вступ;
- 5 розділів;
- висновки;
- бібліографічний список;
- додатки.

Робота складається з 102 сторінок, 18 таблиць, 33 рисунків, 15 посилань та 3 додатків.

Актуальність теми. Розрахунок похибки закріплення, як однієї з основних складових сумарної похибки обробки деталі за емпіричними формулами з коефіцієнтами для обмеженої номенклатури матеріалів при сучасній тенденції підвищення якості та точності деталей є недостатнім. В зв'язку з цим, виникає необхідність глибшого вивчення факторів виникнення та встановлення заходів її зменшення.

Мета дослідження. Проаналізувати фактори виникнення похибки закріплення, провести її розрахунок методом кінцевих елементів та визначити способи її зменшення.

Об'єкт дослідження. Технологія виробництва деталей.

Предмет дослідження. Похибка закріплення деталі, фактори її виникнення.

Методи дослідження. Аналіз існуючих дослідів виникнення та способів зменшення похибки закріплення.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Визначено нерівномірність розподілення похибки закріплення по деталі;
2. Запропоновано більш зручний та доволі точний розрахунок похибки закріплення в САПР на основі методу кінцевих елементів.

Практичне значення отриманих результатів. Запропонований метод розрахунку та способи зменшення похибки закріплення можуть використовуватись при складанні технологічних процесів обробки деталей на будь-якому підприємстві.

Публікації. На основі виконаної роботи було опубліковано одну статтю:

Яворський Т. М. Зменшення похибки закріплення при обробці авіаційних деталей складної конфігурації / Т. М. Яворський, В. В. Медведєв // Тези доповіді XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні», 19-30 травня 2020 р. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2020/paper/view/21468>.

Ключові слова: ДЕТАЛЬ, ТОЧНІСТЬ, ПОХИБКА, БАЗА, ОПОРА, ПЕРЕМІЩЕННЯ, МЕТОД КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ.

РЕФЕРАТ

Структура и объем работы. Магистерская диссертация включает:

- введение;
- 5 разделов;
- выводы;
- библиографический список;
- приложения.

Работа состоит из 102 страниц, 18 таблиц, 33 рисунков, 15 ссылок и 3 приложений.

Актуальность темы. Расчёт погрешности закрепления, как одной из основных составляющих суммарной погрешности изготовления детали по эмпирическим формулам с коэффициентами для ограниченной номенклатуры материалов при современной тенденции повышения качества и точности деталей недостаточно. В связи с этим, возникает необходимость более глубокого изучения факторов возникновения и установления мер ее уменьшения.

Цель исследования. Проанализировать факторы возникновения погрешности закрепления, провести ее расчет методом конечных элементов и определить способы ее уменьшения.

Объект исследования. Технология производства деталей.

Предмет исследования. Погрешность закрепления детали, факторы ее возникновения.

Research methods. Анализ существующих исследований возникновения и способов уменьшения погрешности закрепления.

Научная новизна полученных результатов:

1. Определена неравномерность распределения погрешности закрепления детали;
2. Предложено более удобный и достаточно точный способ расчета погрешности закрепления в САПР на основе метода конечных элементов.

Практическое значение полученных результатов. Предложенный метод расчета и способы уменьшения погрешности закрепления могут использоваться при составлении технологических процессов обработки деталей на любом предприятии.

Публикации. На основе сделанной работы была опубликована одна статья:

Яворський Т. М. Зменшення похибки закріплення при обробці авіаційних деталей складної конфігурації / Т. М. Яворський, В. В. Медведєв // Тези доповіді XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні», 19-30 травня 2020 р. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2020/paper/view/21468>.

Ключевые слова: ДЕТАЛЬ, ТОЧНОСТЬ, ПОГРЕШНОСТЬ, БАЗА, ОПОРА, ПЕРЕМЕЩЕНИЕ, МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

ABSTRACT

Structure and scope of work. The master's thesis includes:

- introduction;
- 5 sections;
- conclusions;
- bibliographic list;
- attachments.

The work consists of 102 pages, 18 tables, 33 figures, 15 references and 3 attachments.

Relevance of the topic. Calculation of fixation error, as one of the main components of the total error in the manufacture of the part according to empirical formulas with coefficients for a limited range of materials in the current trend to improve the quality and accuracy of parts is not sufficiently accurate. In this connection, there is a need for a deeper study of the factors of occurrence and establishment of measures to reduce it.

The purpose of the study. To analyze the factors of occurrence of fixation error, to carry out its calculation by the finite element method and determine the methods of its reduction.

The object of research. Technology of parts production.

The subject of research. Fixing error of a part, its occurrence factors.

Research methods. Analyze the existing research on the emergence and methods to reduce the fixation error.

Scientific novelty of the obtained results:

1. The uneven distribution of the fixing error of a component has been determined;
2. A more convenient and sufficiently accurate method of calculating the fixing error in CAD on the basis of the finite element method has been proposed.

The practical value of the obtained results. The offered method of calculation and methods of reduction of an error of fixation can be used at making technological processes of processing of details at any enterprise.

Publications. On the basis of the made work one article was published:

Яворський Т. М. Зменшення похибки закріплення при обробці авіаційних деталей складної конфігурації / Т. М. Яворський, В. В. Медведєв // Тези доповіді XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді в машинобудуванні», 19-30 травня 2020 р. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://imm-mmi.kpi.ua/imm2020/paper/view/21468>.

Keywords: DETAIL, ACCURACY, ERROR, BASE, ОПОРА, DISPLACEMENT, FINITE ELEMENT METHOD.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
1. ПОХИБКИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТА МЕТОДИ ЇЇ РОЗРАХУНКУ.....	11
1.1. Точність в машинобудуванні і методи її досягнення	11
1.2. Похибка установки. Похибка базування.....	17
1.3. Похибка закріплення. Методи її розрахунку	19
2. ОСНОВИ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ (МКЕ).....	26
2.1. Суть МКЕ. Переваги та недоліки.....	26
2.2. Етапи розв'язання задач за допомогою МКЕ.....	28
2.3. Дискретизація області обчислення. Кінцеві елементи (КЕ).....	30
2.4. Апроксимація	31
2.5. Види МКЕ.....	32
2.6. Помилки МКЕ	34
2.7. Визначення похибки закріплення	35
2.8. Аналіз похибки закріплення в розрізі службового призначення деталі	42
3. МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПОХИБКИ ЗАКРІПЛЕННЯ В САПР. ГРАНИЧНІ УМОВИ ТА ПАРАМЕТРИ СІТКИ	44
3.1. Основні етапи використання методу	44
3.2. Призначення та деякі особливості SolidWorks Simulation	44
3.3. Гранична умова навантажень. Особливості їх прикладання до моделі	46
3.4. Гранична умова закріплення. Особливості прикладання.....	49
3.5. Параметри створення кінцево-елементної сітки	53
4. РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ЗАКРІПЛЕННЯ ПОЯСУ ЛОНЖЕРОНА.....	60
4.1. Розрахунок режимів різання для фрезерування карману	60
4.1.1. Підбір ріжучого інструменту	60
4.1.2. Призначення глибини різання та розрахунок подачі	62
4.1.3. Розрахунок швидкості різання та частоти обертів шпинделя	63
4.1.4. Визначення сил та ефективної потужності фрезерування	64
4.2. Розрахунок сили закріплення	64
4.3. Розрахунок похибки закріплення в SolidWorks Simulation	66
5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	72
ВИСНОВКИ.....	78

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК 80

ДОДАТКИ

Додаток А. Складальне креслення лонжерону та специфікація до нього

Додаток Б. Результати першого розрахунку

Додаток В. Результати другого розрахунку

ВСТУП

Останнім часом, в зв'язку із створенням нових, більш досконалих, більш складних, більш потужних, більш продуктивних та якісних машин, механізмів та роботів, спостерігається тенденція збільшення точності виготовлення деталей. Так, теперішні деталі машин можуть мати допуск на параметри точності, що складає навіть долі мікрометрів. Це вимагає подальшого вдосконалення шляхів підвищення точності, більш глибокого та всебічного вивчення процесу виникнення та розрахунку похибок, адже, не дивлячись на досягнуті успіхи теорії точності, результати досліджень, глибина опрацювання питань точності сьогодні багато в чому не задовольняє сучасним запитам.

Пошук шляхів забезпечення зростаючих вимог до точності машин заснований на дослідженнях причин і умов виникнення похибок їх виготовлення і експлуатації, більш глибокого вивчення сутності явищ і закономірностей утворення похибок. Найважливішим завданням при цьому є встановлення не тільки якісних, а й кількісних зв'язків між діючими факторами і похибками.

В даній роботі проводиться аналіз однієї з основних складових сумарної похибки обробки деталі – похибки закріплення, та пропонується проведення розрахунків в САПР на основі методу кінцевих елементів, які набагато скорочують та спрощують процес розрахунку похибки і дають доволі точні результати.

1. ПОХИБКИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ТА МЕТОДИ ЇЇ РОЗРАХУНКУ

1.1. Точність в машинобудуванні і методи її досягнення

Однією з найважливіших характеристик якості більшості виробів є точність. Недостатня точність виготовлення може викликати порушення нормальної роботи і навіть призводити до руйнування сучасних потужних і високошвидкісних машин через виникнення додаткових динамічних навантажень та вібрацій.

Підвищення точності виготовлення деталей та збірок вузлів збільшує довговічність та надійність експлуатації механізмів та машин, що пояснюється постійним підвищенням вимог до виготовлення деталей і машин в цілому. В той же час є важливим підвищення точності для процесу виготовлення виробів. Так, збільшуючи точність заготовок, зменшуються трудомісткість механічної обробки, розміри припусків на обробку деталей та приводить до економії металу, часу та коштів на виготовлення виробу. На етапі складання, підвищення точності механічної обробки зменшує, або взагалі усуває роботи з підгонки, дозволяє реалізувати принцип взаємозамінності деталей та вузлів, знижує трудомісткість складання, облегує й здешевлює проведення ремонту машин в умовах їх експлуатації.

Точністю обробки називають ступінь наближення дійсних значень розмірів, відхилень форми поверхні і розташування поверхонь та осей до їх параметрів, що вимагаються кресленням. Таким чином, точність обробки поверхні деталі визначається точністю розміру, форми поверхні і точністю розташування поверхонь та осей деталі.

Для кількісної оцінки точності обробки визначають похибку обробки, тобто відхилення розмірів, геометричної форми поверхні і розташування поверхонь та осей від необхідних значень.

На стадії проектування технологічних процесів механічної обробки застосовують розрахунково-аналітичний метод визначення похибки обробки, на стадії виготовлення продукції – дослідно-статистичні методи оцінки. Кількісні показники

точності, допустимі відхилення і методи їх контролю регламентуються «Єдиною системою допусків і посадок» і її стандартами.

В даний час застосовують наступні методи забезпечення точності механічної обробки:

Метод пробних робочих ходів та промірів. Суть даного методу полягає в наступному. На верстаті встановлюють заготовку, та, за допомогою лімба чи іншого вимірювального пристрою, підводять інструмент, надавши йому такий стан, при якому ризик отримати браковану заготовку зводиться до нуля, і обробляють коротку ділянку поверхні (при невеликій заготовці обробляють всю поверхню). Після цього верстат зупиняють, вимірюють отриманий розмір, визначають його відхилення від необхідного значення і вносять поправку в положення інструменту. Потім знову виконують пробний робочий хід, вимірюють отриманий розмір і при необхідності вносять нову поправку в положення інструменту. Дану процедуру повторюють до тих пір, поки не забезпечується необхідна точність обробки.

Метод має такі переваги, як: отримання високої точності обробки на неточному обладнанні; вилучення впливу зносу ріжучого інструменту на точність отримуваних розмірів при обробці партії малих заготовок; дозволяє правильно розподілити припуск при неточній заготовці та запобігти виникненню браку; завдяки розмітці зникає потреба робочого в виготовленні пристроїв типу кондукторів та ін.

Але, метод має і свої недоліки: залежність отримуваної точності від мінімальної товщини стружки; залежність точності від уваги робочого; низька продуктивність обробки через значні затрати часу на пробні ходи, проміри та розмітку, що, в свою чергу, призводить до підвищення собівартості обробки деталі та більшим витратам на висококваліфікованих робочих.

Метод застосовується в основному в одиничному і дрібносерійного виробництвах, а також в серійному виробництві, наприклад на шліфувальних верстатах, оснащених приладами активного контролю точності.

Метод автоматичного отримання розмірів на попередньо налаштованих верстатах. При обробці заготовок цим методом, заготовка встановлюється на верстаті без вивірки її положення. Верстат настроюється таким чином, щоб задана точність заготовок досягалась автоматично, тобто, майже незалежно від кваліфікації та уваги робочого. Попереднє налаштування верстату виконують методом пробних ходів та промірів, після якого обробляють всю партію заготовок без їх проміжних промірів (не враховуючи вибірккові контрольні проміри).

Цей метод компенсує всі недоліки методу пробних ходів та промірів, що зумовлює його широке розповсюдження в сучасних серійному і масовому виробництвах при багатоінструментальній обробці на верстатах-автоматах. При цьому трудномісткою є процедура настройки верстата по пробним заготовкам. Точність обробки залежить від кваліфікації наладчика верстата і не залежить від кваліфікації та уваги верстатника.

Метод автоматичного регулювання точності за допомогою підналаштування. В верстат вбудовуються вимірювальний і регулюючий пристрої, які здатні змінювати положення ріжучого інструменту. У разі виходу параметрів точності за межі допустимих відхилень автоматично відбувається підналаштування верстатної системи, і процес обробки стабілізується.

Найбільшого поширення метод отримав у великосерійному і масовому виробництвах, наприклад при безперервній обробці заготовок на торцешліфувальних і плоскошліфувальних верстатах-автоматах.

Оскільки точність обробки у виробничих умовах залежить від багатьох факторів, обробку на верстатах ведуть не з досяжною, а з так званою економічно точністю.

Під економічною точністю механічної обробки розуміють таку точність, яка при мінімальній собівартості обробки досягається в нормальних виробничих умовах, які передбачають роботу на справних верстатах із застосуванням необхідних

пристосувань і інструментів при нормальній витраті часу і нормальній кваліфікації робітників, що відповідає характеру роботи.

Під досяжною точністю розуміють таку точність, яку можна досягти при обробці в особливих, найбільш сприятливих умовах, незвичайних для даного виробництва, висококваліфікованими робітниками, при значному збільшенні витрати часу, не зважаючи на собівартість обробки.

На точність обробки на металорізальних верстатах впливають такі основні фактори:

- Неточність верстатів, що є наслідком неточності виготовлення їх основних деталей та вузлів і неточності збірки, зокрема неприпустимо великих зазорів в підшипниках або напрямних, зносу поверхонь деталей, що труться, овальності шийок шпинделів, порушення взаємної перпендикулярності або паралельності осей, неточності або несправності направляючих, ходових гвинтів і т. д.;
- Ступінь точності виготовлення ріжучого, допоміжного інструменту та пристосувань;
- Похибки, що викликаються розмірним зносом інструменту;
- Неточність установки інструменту і налаштування верстата на розмір;
- Похибки базування і установки оброблюваної деталі на верстаті або в пристосуванні;
- Деформації деталей верстата, оброблюваної деталі і інструменту під час обробки під впливом сили різання внаслідок їх недостатньої жорсткості і пружності системи верстат - пристосування - інструмент - деталь (ВПД);
- Деформація деталі, що виникає при її закріпленні для обробки;
- Теплові деформації оброблюваної деталі, деталей верстата й ріжучого інструменту в процесі обробки та деформації, що виникають під впливом внутрішніх напружень в матеріалі деталі;
- Така якість поверхні деталі після обробки, яка може дати неправильні показання при вимірах;

- Помилки в вимірах внаслідок неточності вимірювального інструмента, неправильного ним користування, впливу температури і т. п.;
- Помилки виконавця роботи.

Кожна з перерахованих причин призводить до утворення похибок обробки, які можуть бути систематичними або випадковими. Систематичні похибки бувають постійними, періодичними без зміни при обробці кожної заготовки, і змінними, що змінюються від однієї заготовки до іншої за певним законом.

Систематичні похибки поширюються на всі деталі даної і наступних партій. Вони вимагають прийняття негайних заходів щодо їх усунення.

Випадкові похибки пов'язані з обробкою тільки даної деталі та є непостійними і в окремих деталях партії мають різну величину. Особливість прояву причин, що викликають випадкові похибки, полягає в тому, що вони не піддаються точному прогнозуванню і виявляють свою дію незалежно один від одного.

Як видно з викладеного, похибок, що виникають в процесі обробки і дають в результаті неточні розміри та деформовані форми деталі, багато. Походження цих похибок, їх характер і спрямованість різні: одні похибки дають збільшення розмірів (плюс), інші зменшення (мінус), деякі - компенсують, «гасять» інші і таким чином зменшують значення похибки, інші, навпаки, накладаються, накопичують і збільшують загальну похибку, причому спрямованості (вектори) похибки можуть збігатися або можуть йти під різними кутами; різних сполучень може бути безліч.

Для визначення очікуваної точності необхідно підсумувати первинні похибки [3]. Це можна зробити декількома методами. Підхід до вирішення завдання про підсумовування похибок повинен бути особливим для кожного випадку обробки. Це залежить від того, яку роль в даному процесі відіграє кожна похибка.

Якщо обробка заготовок проводиться на попередньо налаштованих верстатах і кожна з елементарних похибок є ланкою розмірного ланцюга, очікувану точність δ

можна представити як замикаючу ланку ланцюга і підсумовування елементарних похибок проводити алгебраїчно:

$$\delta = \varepsilon + \Delta_{\text{пр}} + \Delta_{\text{зн}} + \Delta_{\text{н.в.}} + \Delta_{\text{т.д.}} + \sum \Delta_{\text{ф}}, \quad (1.1)$$

де ε – похибка установки; $\Delta_{\text{пр}}$ – похибка в результаті пружних деформацій; $\Delta_{\text{зн}}$ – похибка зносу інструменту; $\Delta_{\text{н.в.}}$ – похибка налаштування верстату; $\Delta_{\text{т.д.}}$ – похибка через теплові деформації; $\sum \Delta_{\text{ф}}$ – похибка, що зумовлена динамікою формоутворення.

Для вирішення поставленої задачі можна використати метод «максимума – мінімуму». Розрахунок за формулою (1.1) є простим, але точність розрахунку, як правило, отримується низькою, а результат – завищеним.

Представивши кожен елементарну похибку як вектор, модуль якого характеризує поле розбігу похибки, отримують інший метод розрахунку. В цьому випадку, значення δ визначається в векторній формі:

$$\bar{\delta} = \bar{\varepsilon} + \overline{\Delta_{\text{пр}}} + \overline{\Delta_{\text{зн}}} + \overline{\Delta_{\text{н.в.}}} + \overline{\Delta_{\text{т.д.}}} + \overline{\Delta_{\text{ф}}}.$$

Але, оскільки необхідно знати напрям, в якому проявляється дана похибка, цей метод на практиці використовується рідко.

Кожний з рекомендованих методів підсумовування має свої недоліки. На практиці ж, зазвичай використовують розрахунково-статистичний метод розрахунку, при якому елементарні похибки розглядають як випадкові величини та який допомагає значно легше вирішити поставлену задачу.

Оскільки перші п'ять доданків в формулі (1.1) є випадковими величинами, а величина $\sum \Delta_{\text{ф}}$ не є випадковою, очікувана похибка може бути визначена:

$$\delta = t \sqrt{\lambda_1 \varepsilon^2 + \lambda_2 \Delta_{\text{пр}}^2 + \lambda_3 \Delta_{\text{зн}}^2 + \lambda_4 \Delta_{\text{н.в.}}^2 + \lambda_5 \Delta_{\text{т.д.}}^2} + \sum \Delta_{\text{ф}}, \quad (1.2)$$

де t – коефіцієнт, який визначає відсоток ризику отримання браку при обробці, в машинобудуванні прийнято призначати $t = 3$; $(\lambda_1 \dots \lambda_5)$ – коефіцієнти, які характеризують закони розподілу кожної з елементарних похибок (для закону нормального розподілу $\lambda=1/9$, для розподілу Сімпсона $\lambda=1/6$, для закону рівної ймовірності,

а також, для випадків, коли про закон розподілення даної первинної похибки нічого не відомо ($\lambda=1/3$).

На практиці відомо, що ε , $\Delta_{\text{пр}}$ та $\Delta_{\text{зн}}$ мають розподіл, близький до нормального, тому, $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 1/9$. Розподіл $\Delta_{\text{н.в.}}$ близький до розподілу рівної ймовірності, відповідно, $\lambda_4 = 1/3$. Характер розподілу $\Delta_{\text{т.д.}}$ мало вивчений, тому $\lambda_5 = 1/3$.

При $t = 3$, вираз (1.2) має вигляд

$$\delta = \sqrt{\varepsilon^2 + \Delta_{\text{пр}}^2 + \Delta_{\text{зн}}^2 + 3\Delta_{\text{н.в.}}^2 + 3\Delta_{\text{т.д.}}^2 + \sum \Delta_{\text{ф}}}$$

Точність обробки забезпечується, якщо

$$\delta \leq T,$$

де T – допуск на виконуваний розмір, відхилення форми чи положення поверхонь і осей заготовки.

Загальну сумарну похибку можна визначити експериментально, користуючись точними вимірювальними приладами; можна також встановити вплив деяких факторів, які породжують похибки, і визначити їх числові значення. Але теоретично (шляхом розрахунку) визначити вплив кожного фактору (при їх спільній дії) важко. Тому розрахунки по запропонованим багатьма авторами формулами для визначення сумарної похибки не збігаються з експериментальними даними. Аналіз показує, що в формулах не враховується ряд факторів, що викликають похибки в процесі обробки, що, зрозуміло, і відбивається на загальній величині сумарної похибки. У цьому одна з причин розбіжності даних, розрахованих теоретично, з даними, що отримуються експериментально.

Розглянемо більш детально похибку установки деталей.

1.2. Похибка установки. Похибка базування

Похибка установки ε - відхилення фактично досягнутого положення заготовки або виробу при установці в пристосуванні від необхідного.

Похибка установки має прямий вплив на просторові відхилення оброблюваних деталей, точність виконання розмірів, на точність взаємного положення поверхонь і не впливає на точність форми окремих поверхонь (зокрема діаметральних розмірів і розмірів, що зв'язують протилежні елементи, одержувані мірним інструментом, одночасно обробляються одним інструментом або інструментом, що знаходиться в одній інструментальній налазці).

Причиною виникнення похибки установки ε є коливання положення вимірювальної бази заготовки. Її значення складається з похибки базування ε_6 , закріплення ε_3 та похибки пристосування $\varepsilon_{пр}$. Похибка базування є випадковою. Похибка закріплення складається із випадкової складової $\varepsilon_{зв}$ та систематичної $\varepsilon_{зз}$, пов'язаної зі змінною форми поверхні затискного елемента при зносі. Похибка пристосування включає змінну систематичну похибку $\varepsilon_{зн}$, яка визначається зносом установчих елементів, та постійні систематичні похибки – ε_c , викликану похибками виготовлення й складання пристосування та $\varepsilon_{вв}$, яка визначає похибку встановлення пристрою на верстаті.

В загальному випадку,

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{зв}^2} + \varepsilon_{зз} + \varepsilon_{зн} + \varepsilon_c + \varepsilon_{вв}.$$

Як правило, ε_c та $\varepsilon_{вв}$ можна виключити точним налаштуванням верстату, а похибки $\varepsilon_{зз}$ та $\varepsilon_{зн}$ можна компенсувати регулярним підналаштуванням інструменту, в цьому випадку

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{зв}^2}.$$

Похибка базування ε_6 – це відхилення фактично досягнутого положення заготовки при базуванні від необхідного. Вона є геометричною величиною. Для даної схеми базування вона визначається проекцією відстані між крайніми положеннями вимірювальної бази заготовки в напрямі отримуваного при обробці розміру. Для однієї й тієї ж схеми базування вона може бути різною. При суміщенні вимірювальної та технологічної (встановчої) баз, похибка базування близька до нуля.

Величина ε_6 залежить від прийнятої схеми базування, точності розмірів встановлених елементів пристрою, точності розмірів, форми та взаємного положення базових поверхонь заготовки.

При обробці партії заготовок, які мають похибки форми, окремі з них та їхні вимірювальні бази при базуванні в пристосуванні можуть займати різні положення в просторі. Тому, для отримання більш достовірних результатів в загальному випадку похибку базування слід розраховувати з врахуванням просторової схеми положення заготовки. Але це призводить до значного ускладнення розрахунку. Тому, при розрахунку ε_6 частіше приймають спрощену схему, розглядаючи зміщення заготовки тільки в одній площині. При розрахунку похибки базування для деталей, що обробляються на налаштованих верстатах, можна приймати частину значення ε_6 , що пояснюється тим, що при визначенні похибки базування за формулами, зазвичай приймається повне поле допуску і розрахунок ведеться по найбільшому й найменшому граничним розмірам деталі. Можливість появи деталей з такими розмірами при їх обробці на налаштованих верстатах незначна. Враховуючи, що характер розподілу розмірів оброблюваних деталей близький до нормального, для розрахунку величини похибки базування приймають поправочний коефіцієнт $k = 0,8 - 0,85$.
Тоді

$$\varepsilon_6' = k\varepsilon_6.$$

Значення похибки базування ε_6 може бути визначено геометричним розрахунком виходячи зі схем базування або шляхом аналізу розмірних ланок. Для ряду схем встановлення деталей при обробці похибка базування може бути визначена за формулами, наведеними в довідкових таблицях.

1.3. Похибка закріплення. Методи її розрахунку

При закріпленні заготовок у пристосуванні виникає похибка закріплення. Похибка закріплення – це різниця між найбільшою та найменшою величинами проєкцій зміщення вимірювальної бази на напрям виконуваного розміру. Похибка закріплення викликається тим, що під дією сил затиску заготовка може змінити своє поча-

ткове положення, яке вона займала в пристрої в результаті базування. При цьому її вимірювальні бази зміщуються на деяку величину [4].

Згідно з визначенням, похибка закріплення ε_3 може бути визначена за формулою

$$\varepsilon_3 = (y_{max} - y_{min}) \cos \beta, \quad (1.3)$$

де $y_{max}; y_{min}$ – максимальна і мінімальна величини зміщення вимірювальної бази, мкм;

β – кут між напрямом зміщення вимірювальної бази та витримуваним розміром.

Зміщення заготовки відбувається в результаті зм'яття нерівностей та деформації її технологічних баз і поверхонь установчих деталей пристроїв у місцях їх контакту, поверхонь контакту пристрою й верстату, а також, через неточності дії установчо-затискних елементів пристрою, пружних деформацій їх ланок і заготовки. Величина похибки закріплення залежить від розмірів та стану (шорсткості, точності, фізико-механічних властивостей матеріалу та ін.) базових поверхонь деталі й установчих поверхонь пристрою, від точності й ступеню їх зносу, величини прикладених зусиль, їх зміни і тд. Визначається вона для окремих методів обробки й типових схем встановлення оброблюваних заготовок в пристрій експериментальним шляхом.

При закріпленні деталі, зсув вимірювальної бази складається з переміщень, викликаних деформаціями в зоні контакту опор пристосування з поверхнею заготовки; власними деформаціями заготовки; контактними деформаціями в попередньо зтягнутих стиках. При достатній жорсткості заготовки найбільший вплив на величину похибки закріплення дають контактні деформації в місцях її стику з установчими деталями пристроїв.

Величину зміщення заготовки в такому випадку можна визначити за нелінійною залежністю

$$y = CQ^n,$$

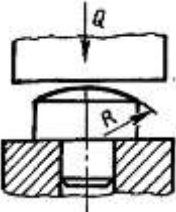
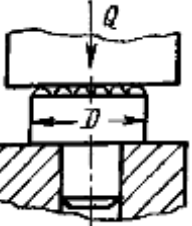
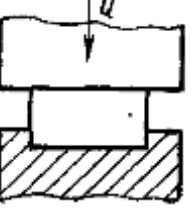
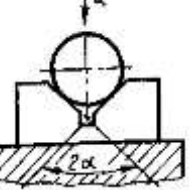
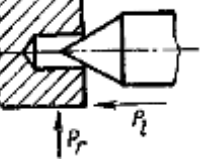
де C – коефіцієнт, який визначає умови контакту, матеріал, структуру, твердість та шорсткість базових поверхонь заготовки, значення якого знаходять експериментально;

Q – сила що діє на опору, кгс/мм²;

n – показник ступеню, приймається в межах 0,3 – 0,5.

Приблизно розрахувати контактні переміщення u в стику заготовка – опори пристосування можна за наведеними в табл. 1.1 формулами [5].

Таблиця 1.1. Контактні переміщення стику заготовка – опора пристосування, мкм

Тип опори	Ескіз	Переміщення u										
Опора зі сферичною головкою за ГОСТ 13441-68		$8,2 \left(\frac{\theta Q^2}{r_3} \right)^{1/3} + 0,46 R_{max} \left\{ \frac{Q^{1/3}}{3,3\pi HB (\theta r_3)^{2/3}} \right\}^{1/3}$										
Опора з насіченою головкою за ГОСТ 13442-68		$0,46 R_{max} \left\{ \frac{Qt^2}{\pi D^2 (b_1 + 2u)^2 HB} \right\}^{1/3}$										
Опора з плоскою головкою за ГОСТ 13440-68 й опорні платини за ГОСТ 4743-68		$(4 + R_{max}) \left[\frac{100Q}{Ac' \sigma_T b_\Sigma} \right]^{\frac{1}{2+v_3}} + 0,13 R_{x3}^{1/3} \left(\frac{W_3 \theta Q}{A} \right)^{2/3}$										
Призма з кутом $2\alpha = 90^\circ$		$\frac{1}{\sin \alpha} \left\{ \frac{C_M q}{10K_3} + \frac{1,15C_B}{K_3^{0,4} \cdot (q/d)^{0,2}} + \frac{1,07C_{III}}{K_3^{1/[5(v_0+v_3)]}} \cdot \left(\frac{q}{d} \right)^{\frac{1}{10(v_0+v_3)}} \right\}$										
Встановлення заготовки зі сталі 45 на центри при тиску в місцях контакту не більше 800 кгс/см ²		$C(0,1P)^{0,5}$										
Напрямок зміщення	Значення коефіцієнту C при діаметрі центрального отвору, мм											
	1	2	2,5	4	5	6	7,5	10	12,5	15	20	30
Радіальне	15,7	11,8	8,6	5,8	3,8	3,2	2,9	2,1	1,7	1,4	1	0,7
Осьове	12,1	8,6	6,6	4,1	2,9	2,5	2,2	1,6	1,3	1,1	0,8	0,55

Примітки: 1. Q – сила, діюча по нормалі до опори, Н;

2. q – сумарне лінійне навантаження, яке діє по нормалі до робочих поверхонь призми, Н/см;
3. Індеси z та o свідчать про відношення даних параметрів до заготовки та опори відповідно;
4. Пружна постійна матеріалів контактуючих заготовки та опори (1/ГПа)

$$\theta = \frac{1 - \mu_o^2}{E_o} + \frac{1 - \mu_z^2}{E_z};$$

5. E_o, E_z, μ_o, μ_z – відповідно модулі пружності, ГПа, та коефіцієнти Пуассона матеріалу опори й заготовки;
6. HV – твердість матеріалу заготовки за Брінелем;
7. c' - безрозмірний коефіцієнт, що характеризує ступінь зміцнення поверхневих шарів оброблених баз заготовки, приймається за довідковими таблицями;
8. d – діаметр циліндричної бази заготовки, мм;
9. σ_T – межа текучості матеріалу заготовки, МПа;
10. A – номінальна площа опори, мм²;
11. Радіус зношеної сферичної опори, мм, $r_z = r^2 / (r - 8u)$, де r – радіус незношеної сферичної опори (ГОСТ 13441-68), мм;
12. u – лінійний знос опори (призми), мм;
13. R_{max} – найбільша висота нерівностей профілю, мкм, для практичних розрахунків приймають $R_{max} \approx 1,25R_z \approx 6R_a$;
14. ν та b – безрозмірні параметри опорної кривої, приймають за довідковими таблицями;
15. W й R_x відповідно висота та довжина хвилі поверхні, мкм, приймаються за довідковими таблицями;
16. $\Delta W_z = 0,15 \div 0,2W_z$; $\Delta R_x \approx 0,01 \div 0,05R_x$;
17. Безрозмірний приведений параметр кривої опорної поверхні, що характеризує умови контакту бази заготовки з опорою,

$$b_{\Sigma} = \frac{0,24(0,4 - 0,1\nu_z)b_z(4 + R_{maxz})^{2+\nu_z}}{R_{maxz}^{\nu_z}};$$

18. Безрозмірний коефіцієнт, враховуючий вплив зносу призми,

$$K_z = \sqrt{R_z / (R_z - 0,5d)},$$

де R_z – радіус зношеної поверхні призми, мм; якщо оброблювана поверхня заготовки розташована з однієї сторони від призми, то $R_z = 0,22 \left[\sqrt{2,28du} + (0,5IT_d + 0,57u) \cot \alpha \right]^2 / u$, якщо оброблювана поверхня заготовки розташована з двох сторін від призми, то

$$R_z = 0,125 \left[2\sqrt{du} + (0,5IT_d + u) \cot \alpha \right]^2 / u.$$

19. Параметри шорсткості базуючої поверхні призми: $R_{z_0} = 3,5$ мкм, $\nu_0 = 2$ – для нових призми; $R_{z_0} = 1,1$ мкм, $\nu_0 = 1,4$ – для призми, які перебували в експлуатації;
20. IT_d – допуск на діаметр d , мм;
21. C_M, C_B, C_{III} – безрозмірні розрахункові коефіцієнти, приймаються за довідковими таблицями;
22. $C_B = K(1 + W_z)^a$; $C_{III} = K_1(1 + W_z + R_{z_0} + R_{z_3})^{a_1}$.

Приблизно випадкову складову похибки закріплення можна представити як:

- Функцію непостійності сил закріплення

$$\varepsilon_3^I = C(Q_{max}^n - Q_{min}^n) \cos \beta;$$

- Функцію неоднорідності поверхневого слою заготовки

$$\varepsilon_3^{II} = (C_{max} - C_{min})Q^n \cos \beta.$$

- Функцію неоднорідності хвилястості бази заготовок ε_3^{III}

В цьому разі,

$$\varepsilon_{3В} = \sqrt{(\varepsilon_3^I)^2 + (\varepsilon_3^{II})^2 + (\varepsilon_3^{III})^2}.$$

Тоді сумарна похибка закріплення визначається за формулою

$$\varepsilon_3 = (\varepsilon_{3В} + \varepsilon_{3З}) \cos \beta = (\sqrt{(\varepsilon_3^I)^2 + (\varepsilon_3^{II})^2 + (\varepsilon_3^{III})^2} + \varepsilon_{3З}) \cos \beta.$$

Вказані складові похибки закріплення ε_3 , можна приблизно розрахувати за емпіричними залежностями, що наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. Формули для розрахунку похибки закріплення ε_3

Похибки закріплення	Опори зі сферичною головкою (ГОСТ 13441-68)	Опори з насіченою головкою (ГОСТ 13442-68)	Опори з плоскою головкою та опорні пластини (ГОСТ 13440-68 та ГОСТ 4743-68)	Призми
ε_3^I через нестійність сили закріплення	$\left\{ 6,2 \left(\frac{\theta^2}{rQ} \right)^{1/3} + \frac{R_{max}}{19,56Q^{8/9}} \cdot \left[\frac{1}{10,4HB(\theta r)^{2/3}} \right]^{1/3} \right\} \Delta Q$	$\frac{0,15R_{max}}{Q^{2/3}} \cdot \left[\frac{t^2}{\pi D^2 b_1^2 HB} \right]^{1/3} \Delta Q$	$\left\{ \frac{0,4(4 + R_{max3})}{\left[(2 + \nu_3) \cdot Q^{\frac{2+\nu_3}{3+\nu_3}} \right] \cdot \left[\frac{100}{Ac' \sigma_r b_\Sigma} \right]^{1/3} + 0,9 \left(\frac{R_{x3}}{Q} \right)^{1/3} \left(\frac{W_3 \theta}{A^2/s} \right)} \right\} \Delta Q$	$\frac{0,1C_M \Delta q}{\sin \alpha}$

$\varepsilon_3^{\text{II}}$ через неоднорідність шорсткості бази заготовок	$\left[\frac{Q^{1/3}}{22,4HB(\theta r)^{2/3}} \right]^{1/3} \Delta R_{\text{max}}$	$0,46 \left[\frac{Qt^2}{\pi D^2 b_1^2 HB} \right]^{1/3} \Delta R_{\text{max}}$	$\left[\frac{Q}{(Ac' \sigma_T b_{\Sigma})^{3+\nu_3}} \right] \Delta R_{\text{max}^3}$	$\left\{ 1,1q^{\frac{1}{10(\nu_0+\nu_3)}} \cdot \frac{K_1 \alpha_1}{\sin \alpha (1 + W_3 + R_{z_0} + R_{z_3})^{1-\alpha_1}} \right\} \Delta R_{z_3}$
--	---	---	--	--

Продовження табл. 1.2

$\varepsilon_3^{\text{III}}$ через неоднорідність хвилястості бази заготовок	0 (хвилястість на необроблених базах заготовок відсутня)	0 (хвилястість на необроблених базах заготовок відсутня)	$4,3 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\theta Q}{A} \right)^{2/3} \left[\left(\frac{W_3}{R_{x3}} \right)^{2/3} \Delta R_{x3} + 2 \left(\frac{R_{x3}}{W_3} \right)^{1/3} \Delta W_3 \right]$	$\left\{ \frac{0,87q^{0,2}Ka}{\sin \alpha d^{0,2} \cdot (1 + W_3)^{1-\alpha}} \right\} \Delta W_3$
--	--	--	---	--

$\varepsilon_{зз}$ через знос опорної поверхні встановчого елементу	$125 \left\{ \left(\frac{\theta Q}{r^2} \right)^{2/3} + \frac{R_{max}}{r^{11/9}} \cdot \left[\frac{Q^{1/3}}{10,4HB\theta^{2/3}} \right] (r_3 - r) \right\}$	$0,46R_{max} \left[\frac{Qt^2}{\pi D^2 HB} \right]^{1/3} \cdot \left[\frac{1}{b_1^{2/3}} - \frac{1}{(b_1 + 2u)^{2/3}} \right]$	<p style="text-align: center;">0</p>	$\frac{0,1}{\sin \alpha} \left[\frac{0,4C_M q}{(1 + K_3)^2} + 3K \frac{(1 + W_3)^a}{(1 + K_3)^{0,4}} \cdot \left(\frac{q}{d} \right)^{0,2} \right] (K_3 - 1)$
---	---	--	--------------------------------------	---

Коефіцієнти C_M, K, a, K_1, a_1 визначають за таблицями.

В більшості випадків в теперішній час похибку закріплення визначають експериментально, а при проектних розрахунках для різних схем встановлення та закріплення заготовок похибку закріплення приймають за орієнтовними значеннями, що наводяться в навчальній та додатковій літературах.

Для її ж зменшення намагаються дотримуватись таких заходів:

- обирають схеми базування, які забезпечують найбільшу стійкість заготовки;
- підвищують жорсткість стику опорних поверхонь пристосування – базових поверхонь заготовки;
- сили затиску розташовують проти опор;
- підвищують однорідність поверхневого шару базових поверхонь заготовки;
- забезпечують постійність сил затиску.

2. ОСНОВИ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ (МКЕ)

2.1. Суть МКЕ. Переваги та недоліки

Впровадження у виробництво складної техніки приводить до необхідності створення систем автоматизованого проектування, оскільки багато практично важливих технічних задач не можуть бути вирішені аналітично внаслідок складності геометрії конструкції і граничних умов. Тому для того, щоб врахувати реальні особливості деформованого матеріалу, доводиться використовувати чисельні методи розрахунку. На відміну від аналітичного розв'язку, який описує поведінку системи в будь-якій точці, чисельний розв'язок апроксимує точний розв'язок тільки в дискретних точках. Першим кроком при отриманні чисельного розв'язку є побудова дискретної моделі неперервної величини. Широко застосовуються два основні чисельні методи - метод кінцевих різниць і метод кінцевих елементів. У методі кінцевих різниць диференціальні рівняння, що описують фізичний процес, записуються для кожного вузла, і часткові похідні за часом замінюються їх кінцево-різницевою аналогою із застосуванням центральної різницевої схеми. Кінцево-різницевий метод достатньо ефективний при розв'язуванні простих задач, але його досить складно застосовувати при розв'язуванні задач зі складною геометрією, нелінійними властивостями матеріалу конструкції або із складними граничними умовами [6].

Сфера застосування методу кінцевих елементів охоплює практично всі фізичні задачі, які можуть бути описані диференціальними рівняннями. Основна ідея методу кінцевих елементів полягає в тому, що будь-яку неперервну величину можна апроксимувати дискретною моделлю, яка будується на множині кусково-неперервних функцій, визначених на кінцевій множині підобластей (елементів). Важливою є можливість виділити з набору елементів типовий елемент і знайти неперервну функцію, що представляє собою наближений розв'язок для цього елемента безвідносно від положення цього елемента в загальній зв'язній моделі і від функцій інших елементів, а потім отримати загальний розв'язок для всієї моделі, компонуючи окремі розв'язки та використовуючи при цьому неперервність функцій на границях елементів і граничні умови.

Метод кінцевих елементів є чисельним методом, що використовується для отримання розв'язків великого класу інженерних задач, включаючи розрахунок конструкцій на міцність, розрахунок розповсюдження тепла, електромагнетизм і гідромеханіку. Найбільш важливими перевагами методу кінцевих елементів є:

1) властивості матеріалів складних елементів не обов'язково мають бути однакові – можливо розглядати конструкції, складені із декількох матеріалів;

2) криволінійна область може бути або апроксимована за допомогою лінійних елементів або описана за допомогою криволінійних елементів;

3) можна укрупнювати або подрібнювати сітку розбиття області на елементи залежно від фізичної постановки задачі;

4) метод кінцевих елементів не передбачає обмеження на вид граничних умов.

МКЕ складніший за метод кінцевих різниць в реалізації. Головний недолік методу кінцевих елементів полягає в необхідності складання обчислювальних програм і застосування обчислювальної техніки на високому рівні. Обчислення, які потрібно проводити при використанні методу кінцевих елементів, занадто громіздкі для ручного рахунку навіть у випадку рішення дуже простих задач. Для рішення складних задач необхідно використовувати швидкодіючу ЕОМ, що має багато пам'яті.

Розв'язування будь-якої інженерної задачі зводиться до побудови математичної моделі фізичної ситуації, тобто до отримання диференціальних рівнянь з початковими і граничними умовами, які ґрунтуються на законах збереження енергії, маси, умовах рівноваги. Аналітичний розв'язок цих диференціальних рівнянь залежить від параметрів двох видів:

1) параметри, що описують матеріальні і геометричні властивості конструкції, такі як модуль пружності, теплопровідність, в'язкість, момент інерції, площа перетину, і які визначають розв'язок однорідного диференціального рівняння;

2) параметри, що входять в неоднорідну частину диференціального рівняння, і які формують частинні розв'язки - зовнішні сили і моменти, конвективний потік тепла, різниця тиску тощо.

Дуже важливо зрозуміти роль цих зовнішніх параметрів і їх внесок в матриці жорсткості, теплопровідності і навантаження. Тому, перш ніж приступити до використання методу кінцевих елементів, необхідно переконатися у повному розумінні фізичної постановки задачі, тобто відповісти на ряд питань у край важливих для отримання коректного результату:

- 1) чи можна апроксимувати поведінку даного тіла одновимірною (двовимірною або тривимірною) моделлю;
- 2) чи зазнає тіло дії моменту, якого виду моменту або ж їх комбінації;
- 3) чи є початкові деформації і яка їх природа - теплове розширення або напружений стан тощо.

Переконавшись, що фізична картина процесів, які відбуваються у системі, ясна і задача не має простого аналітичного розв'язку, можна приступати до побудови кінцево-елементної моделі.

2.2. Етапи розв'язання задач за допомогою МКЕ

Розв'язок задачі із застосуванням методу кінцевих елементів складається з наступних основних етапів [6].

Препроцесорна стадія:

1. Побудова креслення конструкції і навантажень (рис. 2.1, а).
2. Визначення кінцевого числа точок, які називаються вузловими. Розбиття області визначення моделі (дискретизація) на кінцеве число підобластей, які називаються елементами (рис. 2.1, б). Ці елементи мають спільні вузлові точки і в сукупності апроксимують форму області.

3. Задання неперервної функції, яка є наближеним розв'язком для елемента і адекватно описує його фізичну поведінку. Значення неперервної величини в кожному вузлі вважається змінною, яку треба визначити.

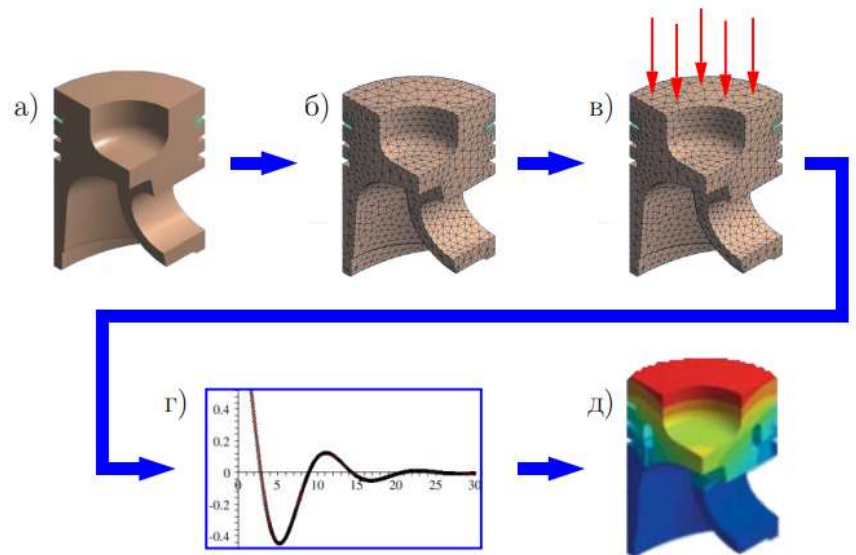


Рисунок 2.1 – Етапи вирішення задач МКЕ

У якості апроксимуючої функції елемента найчастіше

вибираються лінійні, квадратичні або кубічні поліноми. Порядок полінома залежить від числа даних про неперервну функцію, які використовуються в кожному вузлі елемента. Для кожного елемента визначається свій поліном, але поліноми підбираються так, щоб зберігалася неперервність величини уздовж границі елемента.

4. Укладання за допомогою функцій елементів кусково-неперервної функції, визначеної на всій області. Побудова глобальної матриці жорсткості (теплопровідності).

5. Врахування граничних умов, початкових умов і навантаження, прикладених до моделі (рис. 2.1, в).

Процесорна стадія:

6. Одержання системи алгебраїчних рівнянь шляхом мінімізації деякої величини, пов'язаної з фізичною постановкою, і розв'язування цієї системи відносно вузлових значень – переміщень у задачах твердого деформованого тіла, температури в задачах теплопровідності (рис. 2.1, г).

Постпроцесорна стадія:

7. Аналіз отриманих результатів та одержання додаткової інформації (поля деформацій і напруги, потоки тепла тощо) (рис. 2.1, д).

2.3. Дискретизація області обчислення. Кінцеві елементи (КЕ)

Дискретизація області включає визначення кількості, розмірів і форми підобластей, які використовуються для побудови дискретної моделі суцільного тіла. Саме цей етап не має чіткого теоретичного обґрунтування. З одного боку, елементи мають бути вибрані малими, щоб одержати прийнятні результати. З іншого боку, використання достатньо великих елементів значно скорочує обчислювальну роботу. Тому остаточний вибір розмірів елементів проводиться виходячи з фізичної суті задачі – зменшуються розміри елементів там, де очікуваний результат може дуже сильно змінюватись (має великий градієнт), і збільшуються розміри елементів там, де очікуваний результат майже постійний [7].

При рішенні задач методом кінцевих елементів використовуються елементи різних типів. Найпростішим серед елементів є одномірний елемент. Схематично він звичайно зображується у вигляді відрізка (рис. 2.2, а), хоча й має поперечний переріз. Найбільш часто такі елементи використовуються в одномірних задачах поширення тепла й у задачах будівельної механіки при розрахунку стрижневих елементів конструкцій [8].

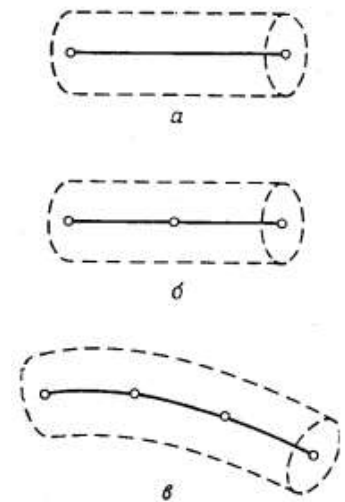
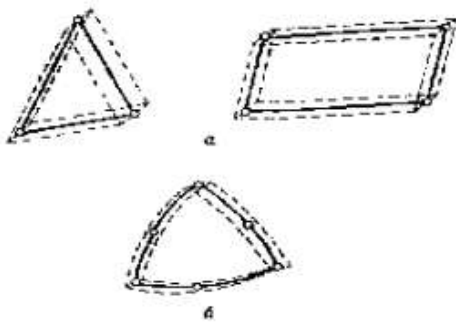


Рисунок 2.2 – Одномірні КЕ

Найпростіший одномірний елемент має два вузли, по одному на кожному кінці. Елементи більш високого порядку - тривузлові (квадратичні) і чотиривузлові (кубічні), зображені на рис. 2.2, б і в.



Для побудови дискретної моделі двовимірної області використовуються два основних сімейства елементів: трикутники й чотирикутники. Сторони лінійних елементів кожного сімейства являють собою прямі лінії (рис. 2.3, а). Квадратичні й кубічні елементи можуть мати як прямолінійні, так і криволінійні сторони або ті й інші (рис. 2.3, б).

Рисунок 2.3 – Двовимірні елементи

Можливість моделювання криволінійних границь досягається додаванням вузлів в середину сторін елементів. Обоє сімейства елементів можуть бути використані одночасно усередині області, якщо тільки вони мають однакове число вузлів на стороні.

Найбільш часто зустрічаються тривимірними елементами у формі тетраедр і паралелепіпед (рис. 2.4, а й б). В обох випадках лінійні елементи обмежені прямолінійними сторонами (площинами), тоді як елементи більш високого порядку можуть мати на границі криволінійні поверхні.

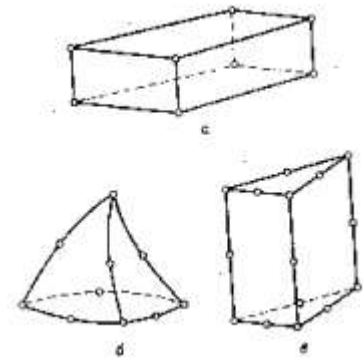


Рисунок 2.4 – Тривимірні елементи

На рис. 2.4, в показаний інший вид елементів, які часто використовуються при рішенні задач обробки металів тиском. Ці елементи подібні до двовимірного трикутника й дозволяють врахувати зміну величини уздовж третьої координати.

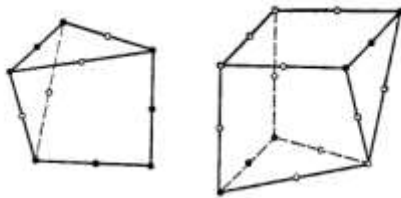


Рисунок 2.5 – Нестандартні елементи

У деяких спеціальних випадках можливе застосування тривимірних елементів, зображених на рис. 2.5. Елементи даного типу виходять шляхом виключення одного або декількох вузлів з базового шестигранного елемента. Такі елементи знайшли своє застосування при розрахунках різних будівельних конструкцій і деталей механізмів. Їхнє застосування пояснюється прагненням як можна більш точно описати геометрію досліджуваного об'єкта. При рішенні задач обробки металів тиском елементи такого типу, як правило, не застосовуються.

Наступним класом елементів є мембранні елементи, зображені на рис. 2.6. Ці елементи використовуються при рішенні задач для суцільних середовищ, що мають форму оболонки.



Рисунок 2.6 – Мембранні елементи

2.4. Апроксимація

МКЕ відноситься до методів дискретного аналізу. Однак на відміну від чисельних методів, що ґрунтуються на математичній дискретизації диференціальних рівнянь, МКЕ базується на фізичній дискретизації розглянутого об'єкта. Реальна конструкція як суцільне середовище з нескінченно великим числом ступенів свободи замінюється дискретною моделлю пов'язаних між собою елементів з кінцевим числом ступенів свободи. Так як число можливих дискретних моделей для континуальної області необмежено велике, то основне завдання полягає в тому, щоб вибрати таку модель, яка найкраще апроксимує дану область [9].

Сутність апроксимації суцільного середовища по МКЕ полягає в наступному:

1) розглянута область розбивається на певну кількість КЕ, сімейство елементів по всій області називається *системою або сіткою кінцевих елементів*;

2) передбачається, що КЕ з'єднуються між собою в кінцевому числі точок - *вузлах*, розташованих по контуру кожного з елементів;

3) шукані функції в межах кожного КЕ (наприклад, розподіл переміщень, деформацій, напружень і т. д.) за допомогою апроксимуючих функцій виражаються через вузлові значення, що представляють собою основні невідомі МКЕ;

4) для аналізу і розрахунку отриманої системи кінцевих елементів дійсні всі принципи і методи, що застосовуються для будь-яких дискретних систем.

2.5. Види МКЕ

За способом отримання основних рівнянь розрізняють чотири основних види методу скінченних елементів: прямий, варіаційний, зважених нев'язок і енергетичного балансу.

Прямий метод аналогічний матричному методу переміщень для стрижневих систем, в основі його лежать положення, які використовувалися на ранній стадії розвитку МКЕ. Цей метод зручний своєю простотою і очевидним геометрично-фізичним значенням окремих кроків апроксимації. Співвідношення для КЕ тут будуються безпосередньо на основі трьох груп рівнянь (трьох сторін завдання): статичної, геометричної та фізичної. Однак область застосування прямого методу вельми

обмежена: його можна використовувати лише для кінцевих елементів простої геометрії з малим числом ступенів свободи у вузлі.

Варіаційний метод заснований на принципах стаціонарності деякої змінної, що залежить від однієї або декількох функцій (така змінна носить назву функціоналу). Стосовно до механіки деформованого твердого тіла ця змінна є потенційною (функціонал Лагранжа) або додаткову (функціонал Кастіліано) енергію системи або формується на основі цих двох енергій (функціонали Хеллінгера-Рейсснера, Ху-Вашіцу). Якщо в функціонал підставити апроксимуючі вирази шуканих функцій і застосувати до нього екстремальні принципи (відповідно принцип Лагранжа, принцип Кастіліано і т. д.), отримаємо систему алгебраїчних рівнянь, рішенням якої будуть значення вузлових невідомих. На відміну від прямого, варіаційний метод може однаково успішно застосовуватися як до простих, так і складних завдань.

Метод нев'язок представляє собою найбільш загальний підхід до побудови основних співвідношень МКЕ. Цей метод доцільно застосовувати при вирішенні завдань, у яких важко або неможливо сформулювати варіаційне рівняння, тобто функціонал. Суть методу зважених нев'язок полягає у введенні деякої нев'язки – відхиленні наближеного апроксимативного рішення від точного рішення диференціальних рівнянь для даного завдання. Щоб отримати "найкраще" рішення, необхідно мінімізувати деякий інтеграл від нев'язок по розрахунковій області. Для підвищення ефективності в підінтегральний вираз поряд із самою нев'язкою зазвичай вводиться так звана вагова функція, в цьому випадку метод називається *методом зважених нев'язок*. Вибір схеми мінімізації та вагових функцій визначає різні варіанти методу нев'язок. Найбільш часто застосовувані з них – це метод Гальоркіна, який призводить до тих же рівнянь, що і варіаційний підхід, а також метод найменших квадратів.

Метод енергетичного балансу (метод Одена) заснований на балансі різних видів енергії, записаному в інтегральній формі. Цей метод успішно застосовується при вирішенні нелінійних і динамічних задач.

Вибір і застосування способу формулювання методу кінцевих елементів обумовлений складністю і специфікою фізичної задачі, але у будь-якому випадку алгоритм дій залишається одним і тим же.

2.6. Помилки МКЕ

Критерії стійкості, збіжності та точності в основному визначаються похибками різного роду операцій, що проводяться в МКЕ. Поряд зі звичайними помилками округлення і похибкою наближених методів лінійної алгебри, які застосовуються в МКЕ, є і помилки, які мають безпосереднє відношення до методу скінченних елементів:

- помилки дискретизації, що є результатом відмінностей між дійсною геометрією розраховуваної області та її апроксимацією системою кінцевих елементів;

- помилки апроксимації, обумовлені різницею між дійсним розподілом шуканих функцій в межах КЕ і їх поданням за допомогою апроксимуючих функцій.

Помилки дискретизації зменшуються зі збільшенням числа кінцевих елементів і відповідно зі зменшенням їх розмірів, причому вони прямує до нуля, коли розмір елемента прямує до нуля. Ці помилки зменшуються і із застосуванням криволінійних елементів на відповідних межах області. Помилки апроксимації не обов'язково зменшуються в міру зменшення розмірів елементів або підвищення ступеня апроксимації, тому можуть погіршувати збіжність до точного рішення або навіть призводити до розходження. Однак ці помилки можна звести до мінімуму, якщо при побудові апроксимуючих функцій забезпечити:

- 1) безперервність шуканої функції і її похідних в області КЕ до ступеня $m-1$ включно (m – найбільший порядок похідних шуканої функції, які використовуються в якості основних невідомих в ермітових елементах);

- 2) виконання умов повноти, тобто, при зменшенні розмірів КЕ апроксимуючі функції повинні забезпечити напрям значень шуканої функції, а також її похідних до постійних значень;

3) виконання умов спільності шуканої функції і частково її похідних на границі між суміжними елементами;

4) наближене задоволення умов спільності не основних змінних (наприклад, напружень, якщо основні невідомі – переміщення) на границях КЕ, а також граничних умов в даній області;

5) виключення концентрації напружень в КЕ, якщо в даній області такі концентрації свідомо відсутні;

6) при переміщеннях КЕ як жорсткого цілого в ньому не повинні виникати деформації.

Вимога повноти апроксимуючих функцій необхідна для обліку зміщення КЕ як жорсткого цілого і забезпечення стану постійних деформацій в елементі. Механічний сенс спільності полягає в безперервності основних невідомих на суміжних границях сусідніх КЕ. У складних ермітових елементах виконання умов спільності досягається складніше. Тим часом є випадки, коли несумісні елементи дають дуже хороші результати при швидкій збіжності рішення до точного.

2.7. Визначення похибки закріплення

Розглянемо декілька прикладів визначення похибки закріплення.

Приклад 1. Вал зі сталі 45, оброблений точінням ($R_{z_3} = 30$ мкм; $\Delta R_{z_3} = 20$ мкм;), встановлюють в призмі з кутом $2\alpha = 90^\circ$ для фрезерування шпонкового пазу (рис 2.7). Нормальне навантаження на опорі $q = 2000$ Н/см; $\Delta q = 600$ Н/см. Максимальний дозволений знос опорної поверхні призми $u = 0,3$ мм.

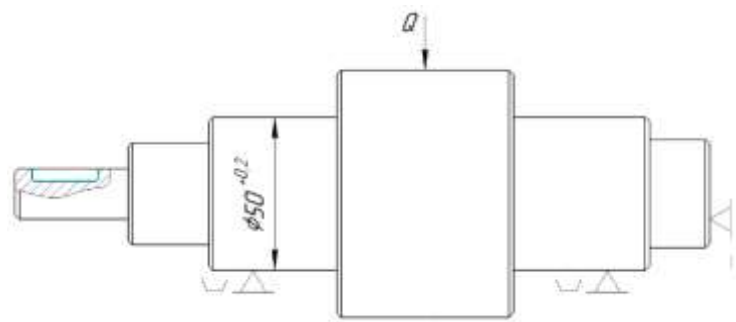


Рисунок 2.7 – Встановлення валу при фрезеруванні

З довідкових таблиць, $\nu_3 = 1,94$; $W_3 = 10$ мкм; $\Delta W_3 = 2$ мкм, $C_M = 0,026$; $K = 0,82$; $a = 0,695$; $K_1 = 0,62$; $a_1 = 0,55$; $R_{z_0} = 1,1$ мкм; $\nu_0 = 2$. Розрахо-

вемо радіус зношеної поверхні призми та безрозмірний коефіцієнт, враховуючий вплив зносу призми,

$$R_3 = 0,22 \left[\sqrt{2,28du} + (0,5IT_d + 0,57u) \cot \alpha \right]^2 / u$$

$$= 0,22 \cdot \left[\sqrt{2,28 \cdot 50 \cdot 0,3} + (0,5 \cdot 0,2 + 0,57 \cdot 0,3) \cdot \cot 45^\circ \right]^2 / 0,3 = 26,3 \text{ мм};$$

$$K_3 = \sqrt{R_3 / (R_3 - 0,5d)} = \sqrt{26,3 / (26,3 - 0,5 \cdot 50)} = 4,5.$$

Тоді складові сумарної похибки закріплення прийматимуть значення

$$\varepsilon_3^I = \frac{0,1C_M \Delta q}{\sin \alpha} = \frac{0,1 \cdot 0,026 \cdot 600}{\sin 45^\circ} = 2,21 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3^{II} = \left\{ 1,1q^{\frac{1}{10(v_0+v_3)}} \cdot \frac{K_1 a_1}{\sin \alpha (1 + W_3 + R_{z_0} + R_{z_3})^{1-a_1}} \right\} \Delta R_{z_3}$$

$$= \left\{ 1,1 \cdot 2000^{\frac{1}{10(2+1,94)}} \cdot \frac{0,62 \cdot 0,55}{\sin 45^\circ (1 + 10 + 1,1 + 30)^{1-0,55}} \right\} \cdot 20$$

$$= 2,4 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_3^{III} = \left\{ \frac{0,87q^{0,2}Ka}{\sin \alpha d^{0,2} \cdot (1 + W_3)^{1-a}} \right\} \Delta W_3 = \left\{ \frac{0,87 \cdot 2000^{0,2} \cdot 0,82 \cdot 0,695}{\sin 45^\circ \cdot 50^{0,2} \cdot (1 + 10)^{1-0,695}} \right\} \cdot 6$$

$$= 1,41 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{33} = \frac{0,1}{\sin \alpha} \left[\frac{0,4C_M q}{(1 + K_3)^2} + 3K \frac{(1 + W_3)^a}{(1 + K_3)^{0,4}} \cdot \left(\frac{q}{d} \right)^{0,2} \right] (K_3 - 1)$$

$$= \frac{0,1}{\sin 45^\circ} \cdot \left[\frac{0,4 \cdot 0,026 \cdot 2000}{(1 + 4,5)^2} + 3 \cdot 0,82 \cdot \frac{(1 + 10)^{0,695}}{(1 + 4,5)^{0,4}} \cdot \left(\frac{2000}{50} \right)^{0,2} \right]$$

$$\cdot (4,5 - 1) = 7,16 \text{ мкм}.$$

В результаті, сумарна похибка закріплення дорівнює

$$\varepsilon_3 = \sqrt{(\varepsilon_3^I)^2 + (\varepsilon_3^{II})^2 + (\varepsilon_3^{III})^2} + \varepsilon_{33} = \sqrt{2,21^2 + 2,4^2 + 1,41^2} + 7,16 = 10,7 \text{ мкм}.$$

Переміщення стику заготовка – опора пристосування складуть

$$\begin{aligned}
 y &= \frac{1}{\sin \alpha} \left\{ \frac{C_M q}{10K_3} + \frac{1,15C_B}{K_3^{0,4} \cdot (q/d)^{0,2}} + \frac{1,07C_{ш}}{K_3^{1/[5(\nu_0+\nu_3)]}} \cdot \left(\frac{q}{d}\right)^{\frac{1}{10(\nu_0+\nu_3)}} \right\} \\
 &= \frac{1}{\sin 45^\circ} \left\{ \frac{0,026 \cdot 2000}{10 \cdot 4,5} + \frac{1,15 \cdot (0,82 \cdot (1+10))^{0,695}}{4,5^{0,4} \cdot (2000/50)^{0,2}} \right. \\
 &\quad \left. + \frac{1,07 \cdot 0,62 \cdot (1+10+1,1+30)^{0,55}}{4,5^{1/[5(2+1,94)]}} \cdot \left(\frac{2000}{50}\right)^{\frac{1}{10(2+1,94)}} \right\} = 10,95 \text{ мкм.}
 \end{aligned}$$

Приклад 2. Сталевий кронштейн ($E_3 = 215$ ГПа; $\mu_3 = 0,3$; $HV 230 - 250$; $R_{max} = 200 - 250$ мкм) встановлюється на рухомі сферичні опори ($E_0 = 210$ ГПа; $\mu_0 = 0,3$; $r = 20$ мм) при обробці криволінійної поверхні (рис. 2.8). Сила, діюча по нормалі на одну опору $Q = 2500 \text{ Н} \pm 200 \text{ Н}$. Дозволений знос опори

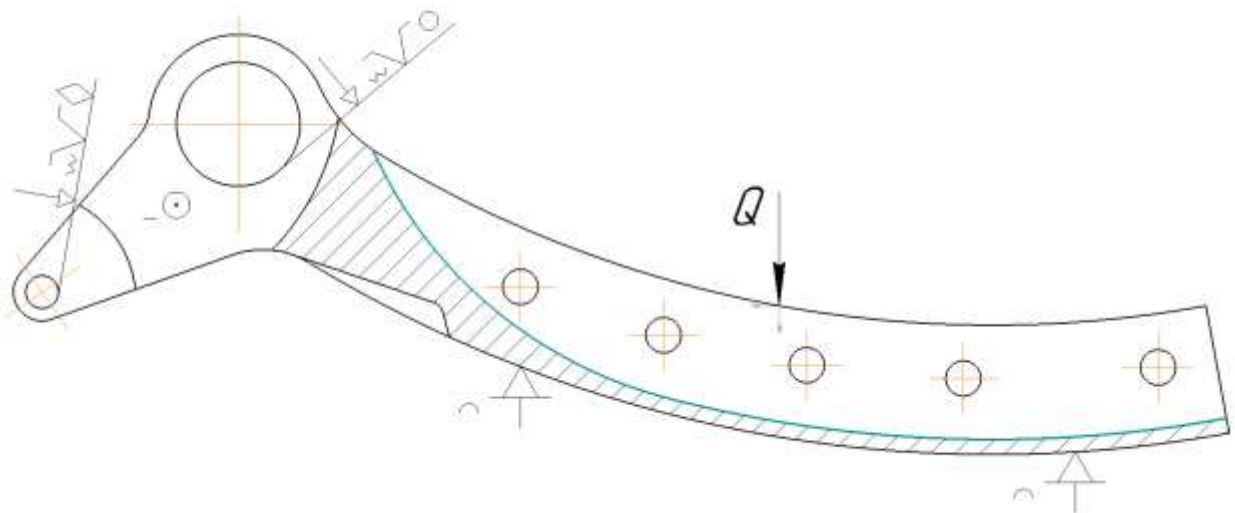


Рисунок 2.8 – Встановлення кронштейну при обробці криволінійної поверхні

$u = 0,2$ мм.

Визначаємо пружну постійна матеріалів контактуючих заготовки та опори

$$\theta = \frac{1 - \mu_0^2}{E_0} + \frac{1 - \mu_3^2}{E_3} = \frac{1 - 0,3^2}{210} + \frac{1 - 0,3^2}{215} = 0,00856 \text{ 1/ГПа.}$$

Радіус зношеної опори матиме значення

$$r_3 = r^2 / (r - 8u) = 20^2 / (20 - 8 \cdot 0,2) = 21,74 \text{ мм.}$$

Знаходимо складові сумарної похибки закріплення

$$\begin{aligned}\varepsilon_3^I &= \left\{ 6,2 \left(\frac{\theta^2}{rQ} \right)^{1/3} + \frac{R_{max}}{19,56Q^{8/9}} \cdot \left[\frac{1}{10,4HB(\theta r)^{2/3}} \right]^{1/3} \right\} \Delta Q \\ &= \left\{ 6,2 \cdot \left(\frac{0,00856^2}{20 \cdot 2500} \right)^{1/3} + \frac{225}{19,56 \cdot 2500^{8/9}} \right. \\ &\quad \cdot \left. \left[\frac{1}{10,4 \cdot 240 \cdot (0,00856 \cdot 20)^{2/3}} \right]^{1/3} \right\} \cdot 400 = 3,3 \text{ мкм}; \\ \varepsilon_3^{II} &= \left[\frac{Q^{1/3}}{22,4HB(\theta r)^{2/3}} \right]^{1/3} \Delta R_{max} = \left[\frac{2500^{1/3}}{22,4 \cdot 240 \cdot (0,00856 \cdot 20)^{2/3}} \right]^{1/3} \cdot 50 \\ &= 10,1 \text{ мкм}; \\ \varepsilon_{33} &= 125 \left\{ \left(\frac{\theta Q}{r^2} \right)^{2/3} + \frac{R_{max}}{r^{11/9}} \cdot \left[\frac{Q^{1/3}}{10,4HB\theta^{2/3}} \right] (r_3 - r) \right\} \\ &= 125 \left\{ \left(\frac{0,00856 \cdot 2500}{20^2} \right)^{2/3} + \frac{225}{20^{11/9}} \cdot \left[\frac{2500^{1/3}}{10,4 \cdot 240 \cdot 0,00856^{2/3}} \right] \right. \\ &\quad \cdot (21,74 - 20) \left. \right\} = 181 \text{ мкм}.\end{aligned}$$

Сумарна похибка в цьому випадку прийме значення

$$\varepsilon_3 = \sqrt{(\varepsilon_3^I)^2 + (\varepsilon_3^{II})^2} + \varepsilon_{33} = \sqrt{3,3^2 + 10,1^2} + 181 = 191,6 \text{ мкм}.$$

Знайдемо переміщення стику заготовка – опора пристосування

$$\begin{aligned}y &= 8,2 \left(\frac{\theta Q^2}{r_3} \right)^{1/3} + 0,46R_{max} \left\{ \frac{Q^{1/3}}{3,3\pi HB(\theta r_3)^{2/3}} \right\}^{1/3} \\ &= 8,2 \cdot \left(\frac{0,0086 \cdot 2500^2}{21,74} \right)^{1/3} + 0,46 \cdot 225 \\ &\quad \cdot \left\{ \frac{2500^{1/3}}{3,3 \cdot \pi \cdot 240 \cdot (0,0086 \cdot 21,74)^{2/3}} \right\}^{1/3} = 137,2 \text{ мкм}.\end{aligned}$$

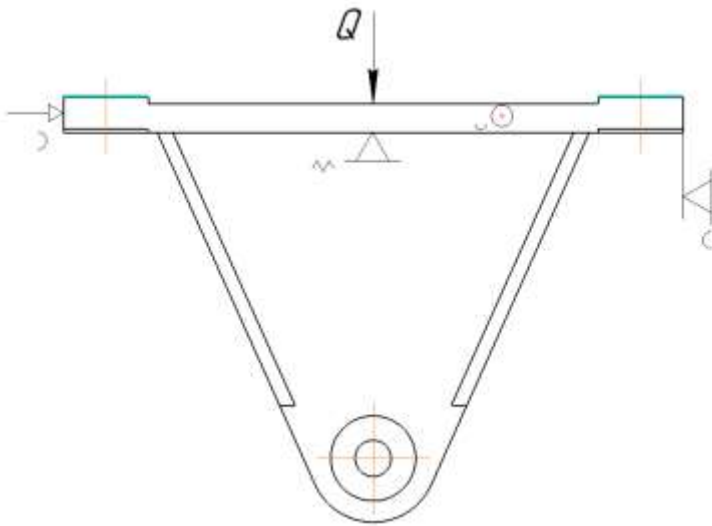


Рисунок 2.9 - Встановлення кронштейну при обробці плоских поверхонь

Приклад 3. Кронштейн з ливарної сталі 40ХЛ ($HB\ 190 - 210, R_{max} = 200 - 300\ \mu\text{м}$) встановлюється на опори з насіченою головкою 7034-0379 ГОСТ 13442-68 ($D = 20\ \text{мм}, t = 2\ \text{мм}, b_1 = 0,5\ \text{мм}$) при фрезеруванні чотирьох плоских поверхонь (рис. 2.9). На одну опору по нормалі діє сила $Q = 1800\ \text{Н} \pm 150\ \text{Н}$. Дозволений знос опори $u = 0,35\ \text{мм}$.

Складові сумарної похибки закріплення

$$\varepsilon_3^I = \frac{0,15R_{max}}{Q^{2/3}} \cdot \left[\frac{t^2}{\pi D^2 b_1^2 HB} \right]^{1/3} \Delta Q = \frac{0,15 \cdot 250}{1800^{2/3}} \cdot \left[\frac{2^2}{\pi \cdot 20^2 \cdot 0,5^2 \cdot 200} \right]^{1/3} \cdot 300$$

$$= 3,04\ \mu\text{м};$$

$$\varepsilon_3^{II} = 0,46 \left[\frac{Qt^2}{\pi D^2 b_1^2 HB} \right]^{1/3} \Delta R_{max} = 0,46 \cdot \left[\frac{1800 \cdot 2^2}{\pi \cdot 20^2 \cdot 0,5^2 \cdot 200} \right]^{1/3} \cdot 100 = 22,35\ \mu\text{м};$$

$$\varepsilon_{33} = 0,46R_{max} \left[\frac{Qt^2}{\pi D^2 HB} \right]^{1/3} \cdot \left[\frac{1}{b_1^{2/3}} - \frac{1}{(b_1 + 2u)^{2/3}} \right]$$

$$= 0,46 \cdot 250 \left[\frac{1800 \cdot 2^2}{\pi \cdot 20^2 \cdot 200} \right]^{1/3} \cdot \left[\frac{1}{0,5^{2/3}} - \frac{1}{(0,5 + 2 \cdot 0,35)^{2/3}} \right] = 24,7\ \mu\text{м}.$$

Сумарна похибка закріплення буде дорівнювати

$$\varepsilon_3 = \sqrt{(\varepsilon_3^I)^2 + (\varepsilon_3^{II})^2} + \varepsilon_{33} = \sqrt{3,04^2 + 22,35^2} + 24,7 = 47,25\ \mu\text{м}.$$

Переміщення в стикі заготовка – опора пристосування приймуть значення

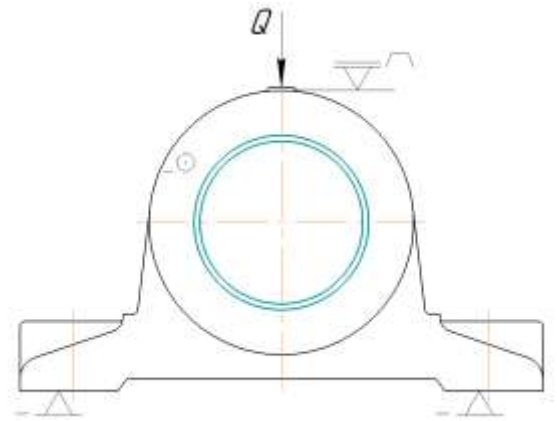


Рисунок 2.10 - Встановлення корпусу при обробці отвору

$$y = 0,46R_{max} \left\{ \frac{Qt^2}{\pi D^2 (b_1 + 2u)^2 HB} \right\}^{1/3}$$

$$= 0,46 \cdot 250 \cdot \left\{ \frac{1800 \cdot 2^2}{\pi \cdot 20^2 (0,5 + 2 \cdot 0,35)^2 \cdot 200} \right\}^{1/3} = 31,2 \text{ мкм.}$$

Приклад 4. При обробці отвору корпусу підшипника (рис. 2.10) його встановлюють лапами на дві опорні пластини 7034-0451 ГОСТ 4743-68 ($L = 25$ мм; $B = 10$ мм, $E_0 = 210$ ГПа, $\mu_0 = 0,3$) та затискають рухомою призмою. Матеріал корпусу – чавун ($E_3 = 140$ ГПа, $\mu_3 = 0,25$, $\sigma_T = 220$ МПа). Сила, що діє на одну опору по нормалі $Q = 2100 \text{ Н} \pm 200 \text{ Н}$.

Приймаємо за довідковими таблицями $R_{\max 3} = 22,5$ мкм, $\Delta R_{\max 3} = 15$ мкм, $\nu_3 = 2,2$, $b_3 = 0,4$, $c' = 5,24$, $R_{x3} = 200$ мкм, $W_3 = 6$ мкм, $\Delta R_{x3} = 10$ мкм, $\Delta W_3 = 1,2$ мкм.

Розрахуємо пружну постійна матеріалів контактуючих заготовки та опори

$$\theta = \frac{1 - \mu_0^2}{E_0} + \frac{1 - \mu_3^2}{E_3} = \frac{1 - 0,3^2}{210} + \frac{1 - 0,25^2}{140} = 0,011 \text{ 1/ГПа.}$$

Далі визначимо безрозмірний приведенний параметр кривої опорної поверхні, що характеризує умови контакту бази заготовки з опорою

$$b_{\Sigma} = \frac{0,24(0,4 - 0,1\nu_3)b_3(4 + R_{\max 3})^{2+\nu_3}}{R_{\max 3}^{\nu_3}} = \frac{0,24 \cdot (0,4 - 0,1 \cdot 2,2) \cdot 0,4 \cdot (4 + 22,5)^{2+2,2}}{22,5^{2,2}} = 17,39.$$

Тоді, складові сумарної похибки закріплення становитимуть

$$\varepsilon_3^I = \left\{ \frac{0,4(4 + R_{\max 3})}{\left[(2 + \nu_3) \cdot Q^{\frac{2+\nu_3}{3+\nu_3}} \right] \cdot \left[\frac{100}{LBc'\sigma_T b_{\Sigma}} \right]^{\frac{1}{3+\nu_3}} + 0,9 \left(\frac{R_{x3}}{Q} \right)^{1/3} \left(\frac{W_3 \theta}{(LB)^{2/3}} \right)} \right\} \Delta Q$$

$$= \left\{ \frac{0,4 \cdot (4 + 22,5)}{\left[(2 + 2,2) \cdot Q^{\frac{2+2,2}{3+2,2}} \right] \cdot \left[\frac{100}{25 \cdot 10 \cdot 5,24 \cdot 220 \cdot 17,37} \right]^{\frac{1}{3+2,2}} + 0,9 \cdot \left(\frac{200}{2100} \right)^{1/3} \left(\frac{6 \cdot 0,011}{(25 \cdot 10)^{2/3}} \right)} \right\} \cdot 400 = 16,77 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_3^{II} = \left[\frac{Q}{(LBc'\sigma_T b_{\Sigma})^{\frac{1}{3+\nu_3}}} \right] \Delta R_{\max 3} = \left[\frac{2100}{(25 \cdot 10 \cdot 5,24 \cdot 220 \cdot 17,37)^{\frac{1}{3+2,2}}} \right] 15 = 0,29 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_3^{III} = 4,3 \cdot 10^{-2} \left(\frac{\theta Q}{LB} \right)^{2/3} \left[\left(\frac{W_3}{R_{x3}} \right)^{2/3} \Delta R_{x3} + 2 \left(\frac{R_{x3}}{W_3} \right)^{1/3} \Delta W_3 \right]$$

$$= 4,3 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{0,011 \cdot 2100}{25 \cdot 10} \right)^{2/3} \left[\left(\frac{6}{200} \right)^{2/3} \cdot 10 + 2 \cdot \left(\frac{200}{6} \right)^{1/3} \cdot 1,2 \right]$$

$$= 0,076 \text{ мкм.}$$

Тепер заходимо сумарну похибку закріплення

$$\varepsilon_3 = \sqrt{(\varepsilon_3^I)^2 + (\varepsilon_3^{II})^2 + (\varepsilon_3^{III})^2} = \sqrt{16,77^2 + 0,29^2 + 0,076^2} = 16,77 \text{ мкм.}$$

Переміщення в стику заготовка – опора пристосування дорівнюватиме

$$\begin{aligned}
y &= (4 + R_{\max 3}) \left[\frac{100Q}{LBc'\sigma_T b_\Sigma} \right]^{\frac{1}{2+\nu_3}} + 0,13R_{x3}^{\frac{1}{3}} \left(\frac{W_3\theta Q}{LB} \right)^{\frac{2}{3}} = \\
&= (4 + 22,5) \cdot \left[\frac{100 \cdot 2100}{25 \cdot 10 \cdot 5,24 \cdot 220 \cdot 17,39} \right]^{\frac{1}{2+2,2}} + 0,13 \cdot 200^{\frac{2}{3}} \\
&\cdot \left(\frac{6 \cdot 0,011 \cdot 2100}{25 \cdot 10} \right)^{\frac{2}{3}} = 45,48 \text{ мкм.}
\end{aligned}$$

Тож, бачимо, що при встановленні заготовок на призму, сферичні та насічені опори основним фактором, який має найбільший вплив на похибку закріплення є знос опорних поверхонь встановлених елементів, а при встановленні на опори з плоскою головкою та опорні пластини, таким фактором є неоднорідність сили закріплення. Зменшивши ці фактори, можна в значній мірі знизити значення похибки закріплення.

При встановленні на призму цього можна досягти шляхом прагнення до меншої висоти хвиль поверхні заготовки, W_3 .

Зменшуючи найбільшу шорсткість поверхонь заготовок та в допустимих випадках підбираючи сферичні опори з більшим радіусом, можна зменшити похибку закріплення при встановленні на сферичні опори.

При встановленні заготовок на насічені опори, сумарну похибку можна також зменшити шляхом зниження значення їх найбільшої шорсткості поверхонь та використанням опор більшого діаметру.

Зменшити вплив непостійності сили закріплення на сумарну похибку закріплення при встановленні заготовок на опорні пластини дозволить також зменшення максимальної шорсткості баз заготовок та, в меншій мірі, менша номінальна площа опори, тобто, доцільнішим буде використання опор з плоскою головкою, ніж опорних пластин.

2.8. Аналіз похибки закріплення в розрізі службового призначення деталі

Розглянемо приклад встановлення в пристосування полки лонжерону на деяку

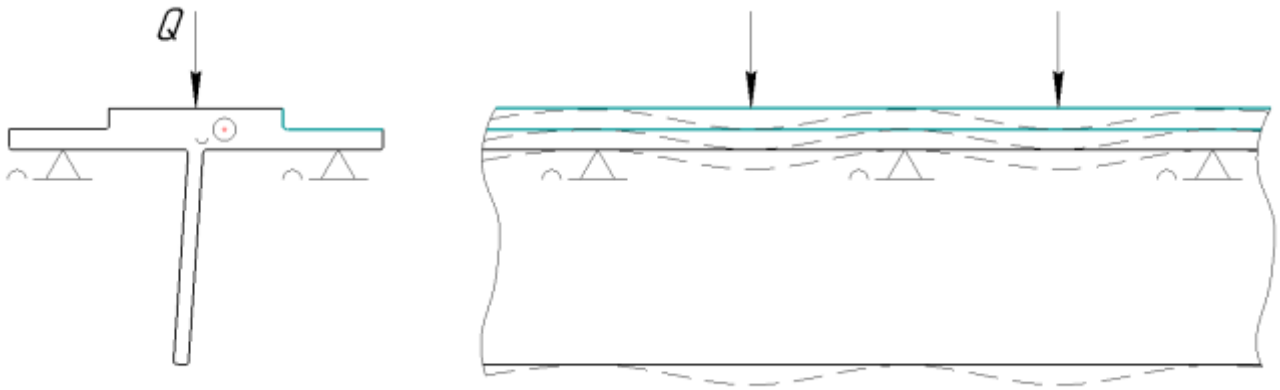


Рисунок 2.11 – Встановлення полки лонжерону в пристосування при фрезерній обробці карману кількість сферичних опор при фрезеруванні кармана, зображеного на рисунку 2.11.

При прикладанні сил закріплення до полки лонжерону, він прийматиме злегка хвилясту форму. Тоді, в різних точках деталі переміщення вимірювальних баз будуть приймати різні значення. При цьому, максимальні переміщення будуть в точці прикладання сили закріплення, а мінімальні – на опорах пристосування.

Таким чином, виходячи з визначення похибки закріплення та формули 1.3 ми бачимо, що і похибка закріплення насправді в різних точках деталі буде приймати різні значення. Тоді, кінцева форма карману для нас буде не стільки критичною по його ширині, а скільки по глибині, адже, в результаті, після обробки ми отримаємо карман хвилястої форми, а після вузлового складання й хвилястий зовнішній контур вузла по його розмаху, що, при виходженні цієї хвилястості за границі поля допуску, є недопустимим.

Отже, не враховуючи похибку закріплення в розрізі службового призначення деталі ми будемо отримувати брак. Врахування переміщень в різних точках деталі та розрахунок похибки закріплення по довжині деталі довгий та складний процес. Але, на сьогоднішній день, існує чимало програм, які використовують метод кінцевих елементів в розрахунках тієї чи іншої задачі, і з їхньою допомогою можна значно спростити та скоротити цей процес.

3. МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПОХИБКИ ЗАКРІПЛЕННЯ В САПР. ГРАНИЧНІ УМОВИ ТА ПАРАМЕТРИ СІТКИ

3.1. Основні етапи використання методу

Метод розрахунку похибки закріплення в САПР складається з наступних етапів:

1. За заданим кресленням деталі будують її 3Д модель;
2. Розраховують режими різання для певної операції обробки деталі;
3. Розраховують сили закріплення деталі в пристрої;
4. Задають параметри матеріалу деталі в системі САПР;
5. Проводять віртуальне закріплення деталі;
6. Прикладають сили закріплення до деталі;
7. Задають параметри та створюють сітку;
8. Запускають розрахунок;
9. Проводять аналіз результатів, за необхідності, коригують параметри сітки та перераховують задачу.

За цим алгоритмом можна розрахувати похибку закріплення деталі в будь-якій CAD-системі, ми ж надалі для цієї задачі будемо використовувати додаток до системи SolidWorks, який призначений для вирішення завдань механіки твердого тіла методом кінцевих елементів – SolidWorks Simulation.

3.2. Призначення та деякі особливості SolidWorks Simulation

SolidWorks Simulation є програмним забезпеченням для вирішення задач розрахунку на статичну міцність та стійкість в лінійній та нелінійній постановці, виділення власних частот, оптимізації форми деталей та збірок в лінійній постановці, аналізу втоми і поведінки конструкції при падінні.

Програма використовує геометричну модель деталі чи збірки SolidWorks для формування розрахункової моделі та створена на базі методу кінцевих елементів. Граничні умови призначають в прив'язці до геометричної моделі.

В даній програмі метод кінцевих елементів реалізовано з наступними особливостями.

- Програма використовує три базові типи кінцевих елементів: об'ємні ізопараметричні тетраедри, трикутні елементи оболонок і елементи балок. Два перших типа можуть мати лінійне або параболічне поле переміщень (постійну деформацію або лінійне поле деформацій). Тетраедри містять, відповідно, 4 або 10 вузлів, оболонки – 3 або 6, а балки/стрижні – 2;
- В одній моделі можуть співіснувати твердотільні та оболонкові кінцеві елементи, причому такі гібридні сітки працездатні і в лінійній, і в нелінійних розрахунках. Але елементи балок/стрижнів не поєднуються з іншими типами кінцевих елементів;
- Контактні кінцеві елементи відсутні в програмі в явному вигляді. Облік відповідних граничних умов здійснюється зміною глобальної матриці жорсткості системи. Віртуальні об'єкти типу болтів, стержнів/шпильок, пружин реалізовані на базі елементів балок/стрижнів;
- Деякі інші типи кінематичних граничних умов реалізуються безпосередньою зміною матриці жорсткості системи;
- Для розрахунку збірок/багатотільних деталей в програмі реалізовані граничні умови, об'єднані в групу «З'єднання» (Connectors). Реалізація цих умов (або деяких їх різновидів) передбачає такі зміни матриці жорсткості системи (для деяких з них нам невідомо, здійснюються вони через безпосередню її модифікацію або ж за допомогою введення допоміжних «жорстких» кінцевих елементів), які фактично призводять до появи в моделі абсолютно жорсткого віртуального об'єкта. Як наслідок, в місці, де цей об'єкт взаємодіє з «реальними» деталями збірки (фактично, в зоні програми описаних граничних умов), можлива поява теоретично нескінченних деформацій (напружень). На практиці це виражається в відсутності збіжності рішення при ущільненні сітки і, швидше за все, некоректних результатів;

- В SolidWorks Simulation присутній р-адаптивний метод побудови сітки кінцевих елементів. Це означає, що в зонах з високим градієнтом енергії деформації програма збільшує порядок полінома, апроксимуючого поле переміщень в кінцевому елементі. При некоректній постановці кінематичних граничних умов можлива поява особливостей (теоретично нескінченних деформацій і напружень). Застосування даної опції для таких розрахункових моделей призводить до абсурдних результатів;

- Також, в програмі присутній h-адаптивний метод побудови сітки кінцевих елементів. Він полягає в ущільненні сітки в зонах, де величина щільності енергії деформації відносно велика в порівнянні із середнім її значенням;

- В рамках пружного аналізу можливе використання ортотропних матеріалів. Доступні ортогонально-ортотропні і, як окремий їх випадок, трансверсально-ізотропні матеріали. Можливе призначення циліндричної ортотропії. Криволінійна ортотропія відсутня. Ці властивості можна призначати як для твердих тіл, так і для оболонок.

3.3. Гранична умова навантажень. Особливості їх прикладання до моделі

В SolidWorks Simulation доступні наступні навантаження на модель:

- Сила;
- Крутний момент;
- Тиск (рівномірний чи змінний);
- Сила тяжіння;
- Відцентрове (кутова швидкість та прискорення);
- Робоче навантаження, що виникає між циліндричними гранями чи кромками оболонок, які контактують та, зазвичай, мають однаковий радіус. Навантаження на опору створюють нерівномірний тиск на межі сполучення контактів. Можна вибрати між синусоїдальними варіаціями і параболічними варіаціями у відповідному напівпросторі;
- Температура;

- Дистанційне навантаження/маса;
- Розподілена маса.

Допустимо, що нам необхідно прикласти до центру плити силу на певній площі. Але одразу в нас це не вийде, оскільки сила буде прикладатись до всієї поверхні моделі (рис. 3.1). Щоб цьому запобігти, необхідно перед розрахунком підгото-

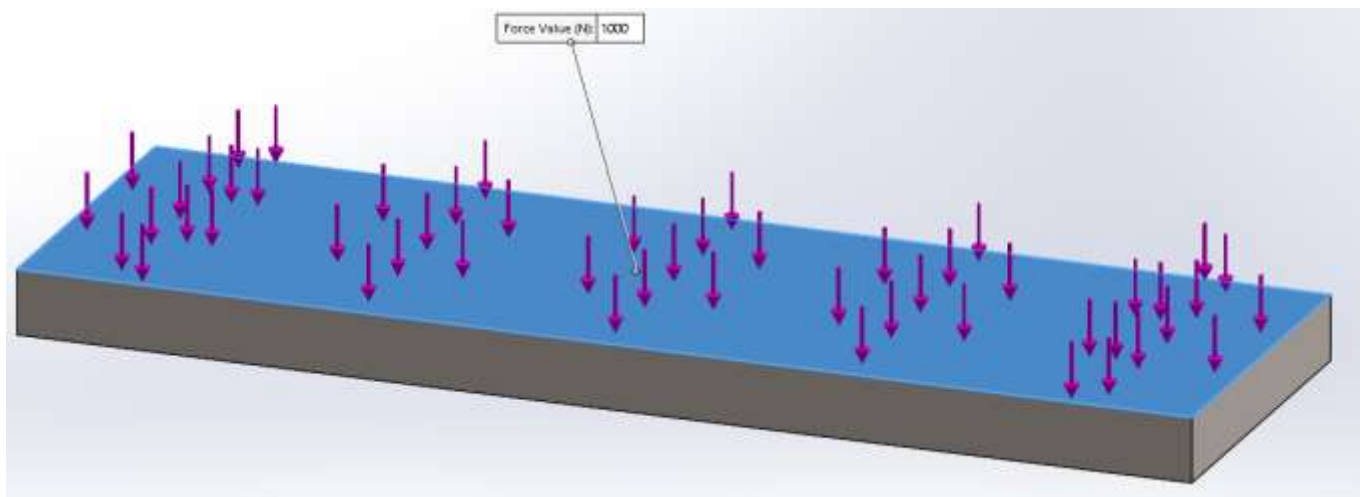


Рисунок 3.1 – Невдале прикладання сили

вити модель.

В багатьох схожих розрахункових програмах для цієї цілі в необхідному місці створюють додаткову бобишку вельми малої висоти і необхідної площі. Таке рішення проблеми через низькість (особливо, якщо ще мікронна величина) створеної бобишки майже не впливає на результат розрахунку. SolidWorks же пропонує відмовитись від цих надмалих похибок командою *Розділити лінії*.

Це можна зробити під час прикладання зусилля. Для цього, в менеджері параметрів сили, що прикладається, переходимо на вкладку «Розділити» (рис. 3.2). Натискаємо створити ескіз. Далі, нам потрібно обрати площину, в якій будемо створювати ескіз (в нашому випадку це верхня площина), створити ескіз та натиснути *Вийти з ескізу*. Після цього, обираємо поверхню, яку нам потрібно розділити.

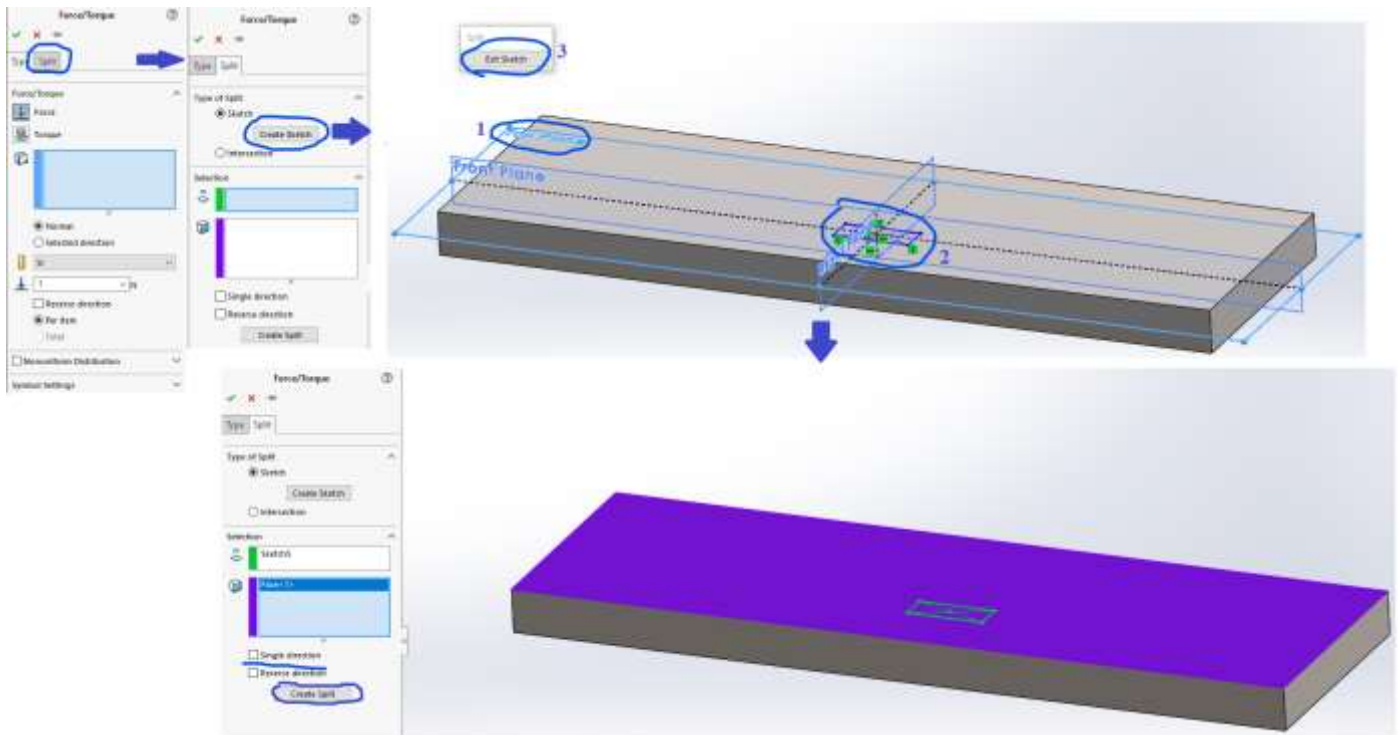


Рисунок 3.2 – Етапи розділення поверхні

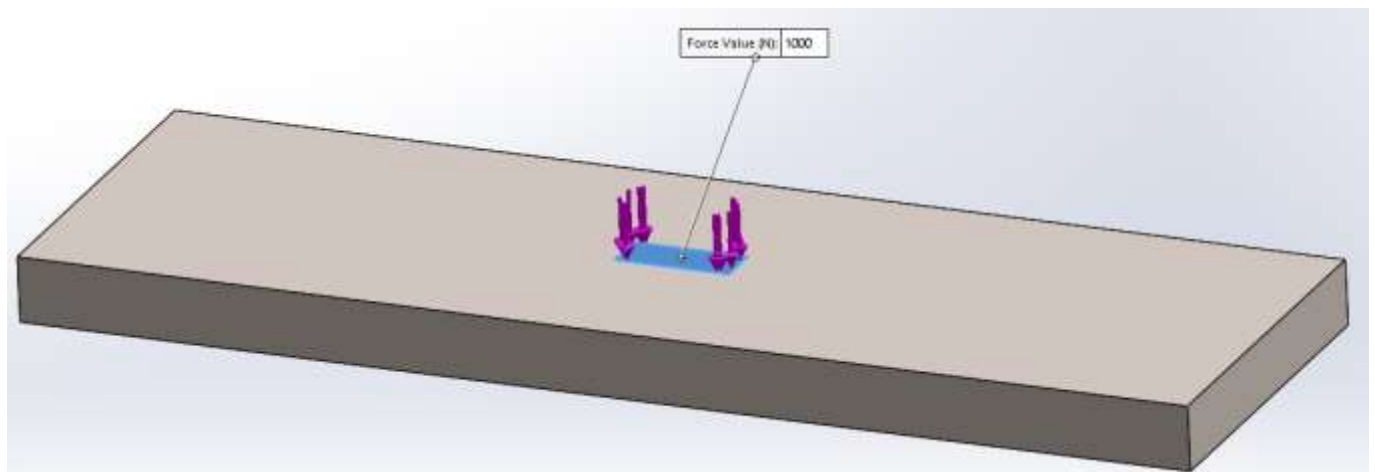


Рисунок 3.3 – Результат розділення поверхні та прикладання сили

Потрібно підкреслити, що в разі розділення криволінійної поверхні, яка може знаходитись в обох напрямках обраної для ескізу площини та необхідності розділення поверхні в одному напрямі, використовується бокс *Один напрям*.

В кінці, натискаємо *Розділити* та прикладаємо силу (рис. 3.3)

Але, підчас створення ескізу таким способом, неможна одразу вказати розміри чи прив'язки. Потрібно після виконання цих дій повертатись до моделі, відкривати створений ескіз та редагувати необхідним чином. Або можна на етапі створення моделі в необхідних площинах створити потрібний повністю визначений ескіз і вказати його при розділенні поверхні.

3.4. Гранична умова закріплення. Особливості прикладання

Закріплення дозволяють встановити значення переміщень на вершинах, кромках чи гранях при розрахунках. SolidWorks Simulation дозволяє встановити наступні закріплення:

- Фіксована геометрія;
- Ролик/повзун;
- Фіксований шарнір;
- Симетрія;
- Циклічна симетрія;
- Використати додаткову геометрію;
- На плоских гранях;
- На циліндричних гранях;
- На сферичних гранях.

Закріплення **фіксована геометрія** фіксує переміщення та обертання на вершини, кромки та грані, тобто відбирає всі шість степенів свободи вказаної геометрії

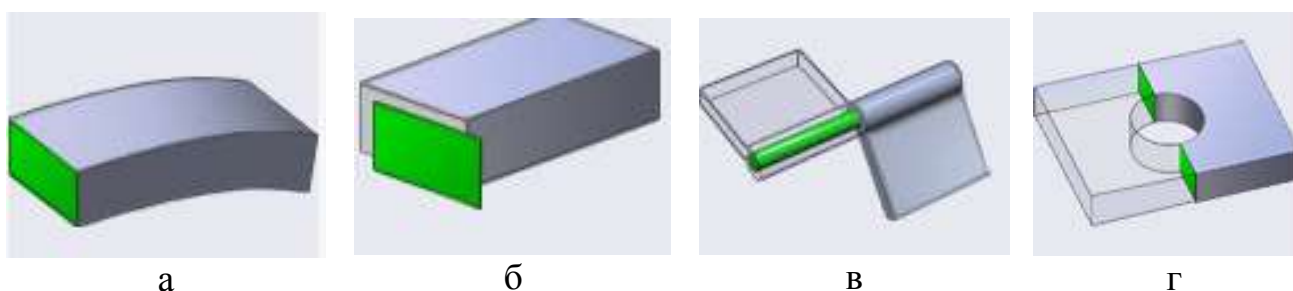


Рисунок 3.4 – Види закріплень: а – фіксована геометрія; б – ролик/повзун; в – фіксований шарнір; г- симетрія

деталі (рис. 3.4, а).

Ролик/повзун задає умову, за якої плоска грань може вільно переміщуватись в своїй площині, але не може переміщуватись перпендикулярно напрямку її площини, при чому грань може стискуватись чи розширюватись під навантаженням (рис. 3.4, б).

При встановленні закріплення **фіксований шарнір**, ми вказуємо, що циліндрична поверхня може обертатись тільки відносно власної осі, а радіус і довжина цієї поверхні постійно залишаються під навантаженням (рис. 3.4, в).

Якщо деталь симетрична та навантаження, що до неї прикладені, також симетричні, можна використати **симетрію** для моделювання частини, а не всієї моделі (рис. 3.4, г). В цьому випадку, зменшується обсяг завдання та отримуються більш точні результати.

Циклічна симетрія ж дозволяє аналізувати моделі з круговими масивами навколо осі шляхом моделювання типового сегменту за умови аналогічності форми та

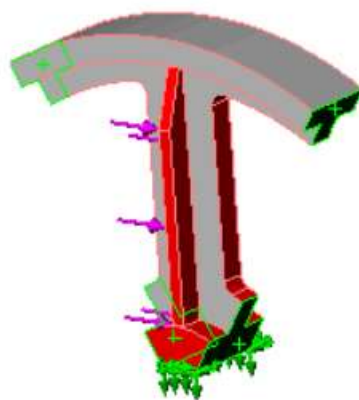
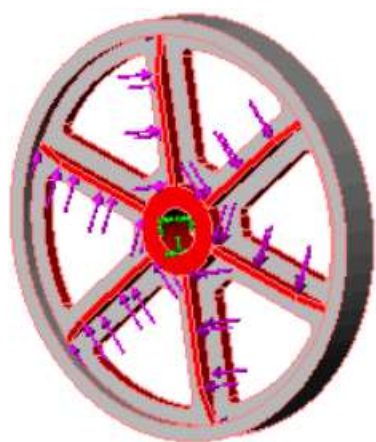


Рисунок 3.5 – Циклічна симетрія

умов навантажень всіх інших сегментів що формують модель (рис. 3.5). Граничні умови для циклічної симетрії є рівняння зв'язків, які примусово застосовують однакові переміщення і обертання для відповідних вихідних і цільових вузлів в локальній циліндричній системі координат, заданої віссю симетрії. В цілому рівняння зв'язків для циклічної симетрії підвищують стабільність тіла, до якого застосовуються, але не перешкоджають тілу рухатися уздовж осі симетрії або обертатися навколо неї.

Щоб встановити обмеження на вершини, кромки, грані та з'єднання балок можна **використати таку додаткову геометрію**, як площини, осі, кромки чи грані.

Число обмежених степенів свободи в цьому випадку залежить від типу сітки та вибраної додаткової точки.

При використанні додаткової площини в якості обмежень, можна встановити переміщення в нормальному площині напрямку та двом взаємно перпендикулярним напрямках, що утворюють з цією нормаллю праву трійку векторів.

Для встановлення обмежень переміщень в радіальному, відносно окружності та в осьовому напрямках, можна використати вісь в якості додаткової.

Можна використати кромку моделі для задання переміщень в її напрямі.

Використовуючи плоску грань моделі можна встановити обмеження переміщень в трьох напрямках, аналогічних випадку використання площини в якості додаткової. Одним її випадком є обмеження **на плоских гранях**. В цьому випадку не задається додаткова грань, відносно якої відбувається переміщення вказаної грані, а лише накладаються обмеження на переміщення вказаної плоскої грані в своїй площині.

Обмеження **на циліндричних гранях** також є одним випадком використання осі в якості додаткової геометрії. Цей параметр накладає такі є самі обмеження переміщень тільки на поверхні, які є циліндричними, але кожна грань може мати різні осі і переміщення кожної грані ґрунтуються на своїх власних осях (рис. 3.6).

Наприклад, допустимо, що вісь циліндричної грані коаксіальна глобальній осі z . Тоді, якщо її обмежити лише в радіальному напрямку r , то грань буде вільно переміщуватись та обертатись відносно осі z , а всі інші чотири переміщення будуть заборонені.

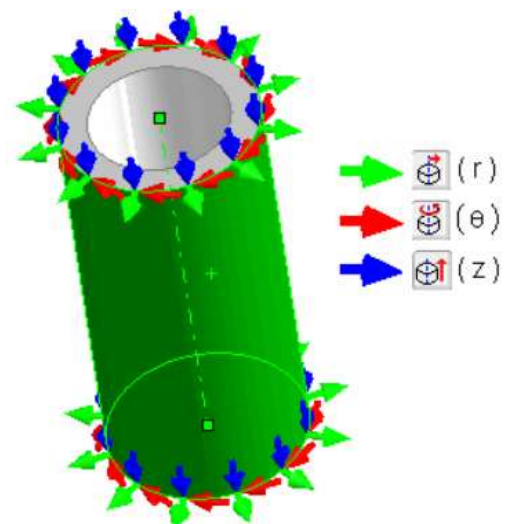


Рисунок 3.6 – Обмеження переміщень на циліндричних гранях

Якщо ж грань обмежити тільки в напрямку відносно окружності θ , грань буде вільно переміщатися по напрямку z . Всі інші чотири переміщення будуть заборонені. Зокрема, грань не буде обертатися навколо осі z .

У випадку обмеження грані лише в осьовому напрямку, буде заборонено лише три переміщення, оскільки вона не буде переміщуватись в напрямку z та не буде обертатись в напрямках x і y , а буде вільно переміщуватись в їх напрямках та обертатись відносно осі z .

Коли переміщення заборонено для певного напрямку, це не означає, що циліндрична грань не буде трохи деформуватися в цьому напрямку, а означає, що вона не буде вільно переміщатися цілком в цьому напрямку.

Оскільки існує чимало різноманітних опор та затисків різних конфігурацій, то використання *Розділення ліній* також доцільне при встановленні обмежень переміщень моделі. Так, наприклад, для таких найбільш розповсюджених опор, як зі сферичною, насіченою чи плоскою головками потрібно вказати їх площу контакту з деталлю. Розмір розділеної поверхні має відповідати вдавлюванню та пружинінню контактуючих матеріалів. Так, для опор з плоскою головкою, потрібно вказати коло, рівне діаметру опори (рис. 3.7). Для опор із сферичною головкою, це також буде коло певного діаметру. Для опор з насіченими головками все трошки складніше, оскільки в цьому випадку кожній насічці має відповідати квадрат розділення певного розміру, але оскільки в ГОСТах не вказується кількість насічок, та через малість квадратів, можна також прийняти розділення в виді кола діаметром з діаметр опори.

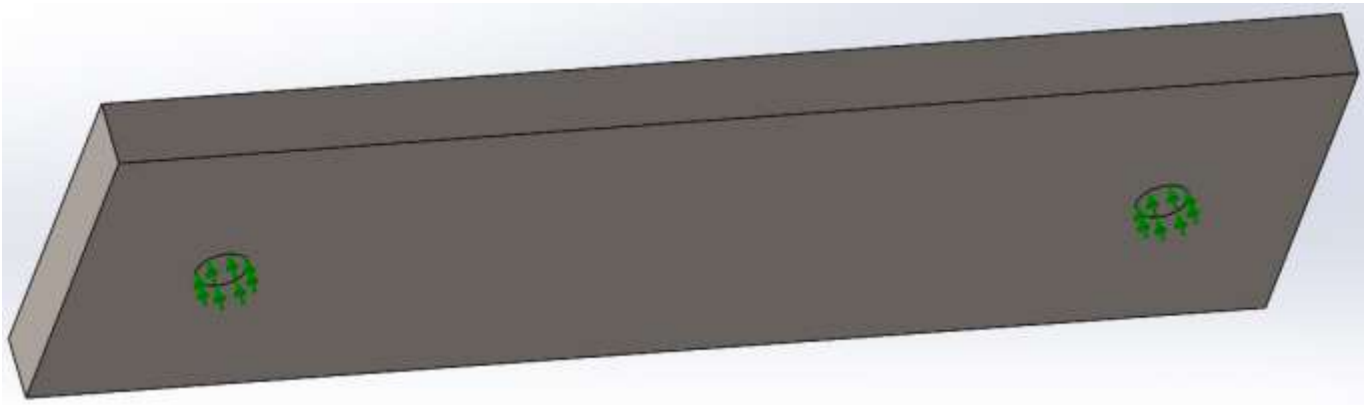


Рисунок 3.7 – Приклад вказання закріплення ролик/повзун на опорах з плоскою головною

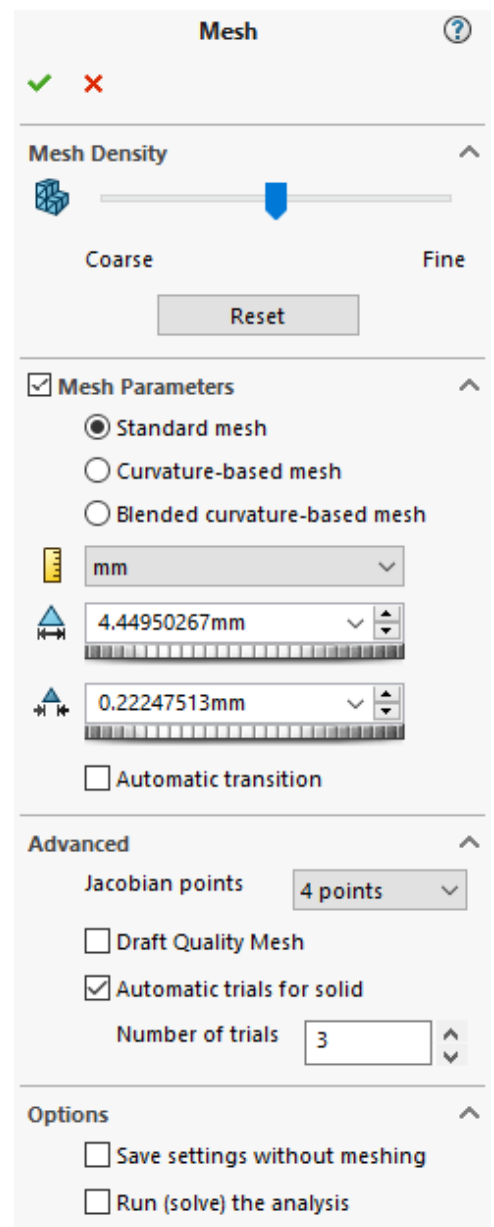
При прикладанні зусилля, зазвичай використовують прихвати зі сферичним кінцем. Зусилля, в такому разі, буде прикладатись не по лінії, а по площі контакту – прямокутнику.

3.5. Параметри створення кінцево-елементної сітки

Надійний чисельний метод аналізу проектних розробок забезпечує аналіз кінцевих елементів (АКЕ). Процес починається зі створення геометричної моделі. Потім модель ділиться на маленькі частини простої форми (елементи), які з'єднані в загальних точках (вузлах). Модель розглядається програмою як сіть дискретних пов'язаних між собою елементів.

При сприйманні моделлю навантажень елементи взаємодіють між собою і метод кінцевих елементів прогнозує поведінку моделі на основі зіставлення отриманої інформації від кожного елементу.

Створення сітки – дуже важливий етап в аналізі конструкцій. Параметри формування сітки є необхідними факторами для визначення якості сітки і, відповідно, результатів. Для цього в програмі є авто-



матичний творець сітки, який створює сітку на основі глобального розміру елемента, допуску та характеристик локального управління сіткою (рис. 3.8). Управління сіткою дозволяє задати різні розміри елемента для компонентів, граней, кромки і вершин. Якщо використовується достатньо малий розмір елемента, то результати, основані на різних налаштуваннях, мають сходиться один з одним.

При створенні сітки програма створює лінійні тетраедальні твердотільні елементи, які ще називаються елементами першого чи нижчого порядку для грубої чорнової сітки та параболічні тетраедальні твердотільні елементи (елементи другого або вищого порядку) для сітки високої якості за алгоритмом Voronoi-Delaunay.

Лінійний тетраедральний елемент являє собою чотири кутових вузла, з'єднаних шістьма прямими кромками. Параболічний – чотири кутових вузла, шість середніх вузлів і шість кромки (рис. 3.9).

Рисунок 3.8 – Регульовані параметри стандартної сітки

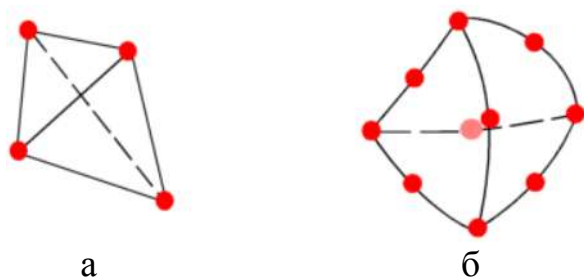


Рисунок 3.9 – Тетраедальні елементи:
а – лінійний; б - параболічний

Параболічні елементи точніше представляють собою вигнуті межі моделі та проводять кращі математичні апроксимації, а, отже, і дають кращі результати розрахунків, але й потребують більших розрахункових ресурсів.

Програма визначає розмір елемента для моделі, беручи до уваги її об'єм, площу поверхні та інші геометричні характеристики. Розмір створюваної сітки (кількість вузлів і елементів) залежить від геометрії і розмірів моделі, допуску сітки, параметрів управління сіткою і характеристик контакту.

Всі ці параметри можна регулювати в автоматичному творці сітки.

Загальний розмір елемента та допуски можна змінити за допомогою повзунка. Якщо його перетягнути в крайнє ліве положення, яке відповідає грубій сітці, то глобальний розмір елемента встановлюється рівним подвійному розміру за замовчуванням. Якщо ж в крайнє праве положення (Точно) – встановлюється сітка високої

якості з розміром глобального елемента, рівному половині розміру за замовчуванням.

Регулюючи допуск, вказується значення відстані між вузлами при зменшенні якого між створеними вузлами, відбувається їхнє злиття, якщо умовами контакту не вказано інше.

Глобальний розмір елемента та допуск для стандартної сітки також можна ввести вручну.

Ще одним параметром, який доступний лише для стандартної сітки є *Автоматичний перехід*. При його активації програма автоматично застосовує управління сіткою до малих елементів, отворам, заокругленням та іншим мілким деталям моделі (рис. 3.10).

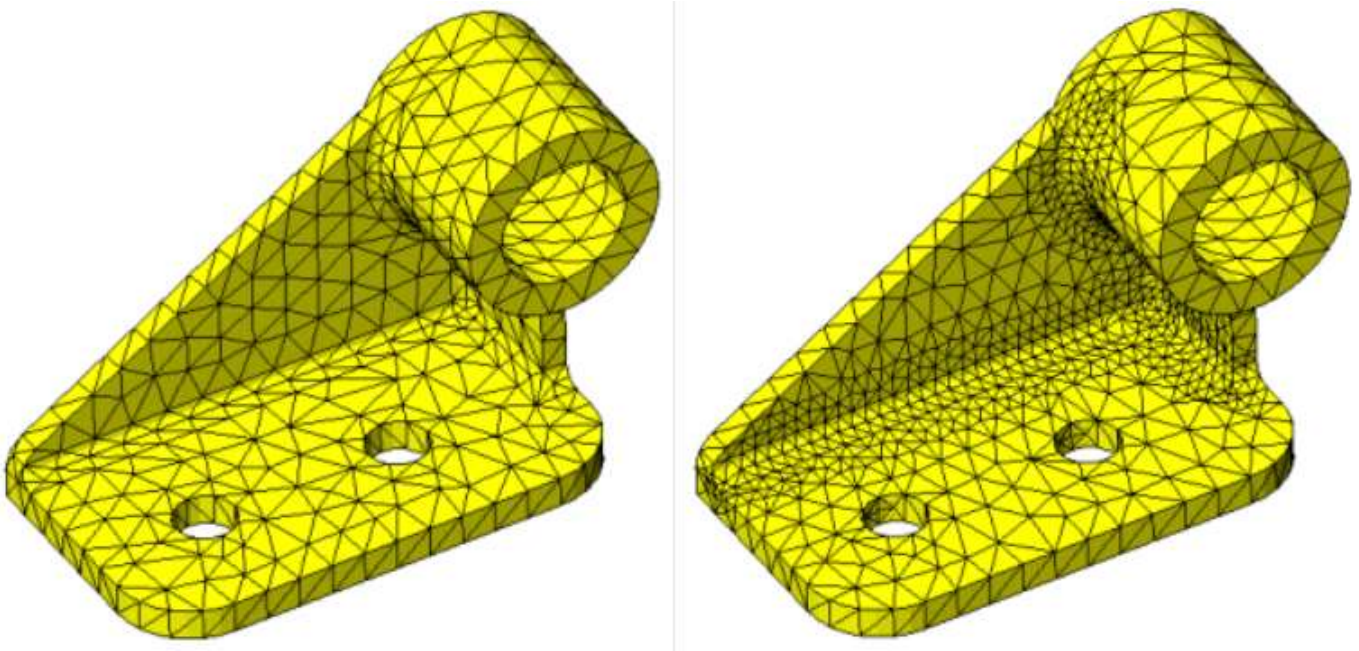
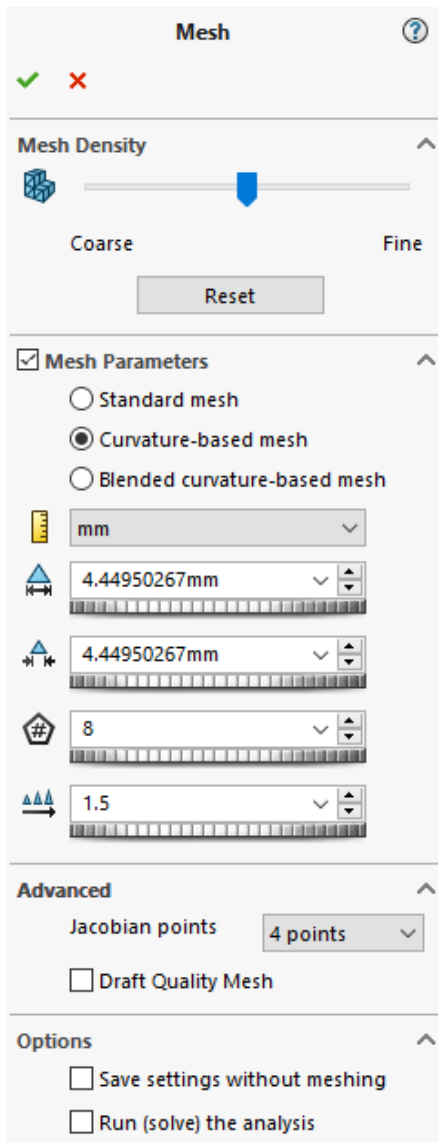


Рисунок 3.10 – Приклад роботи параметру Автоматичний перехід



Додатковий параметр, який доступний лише для сіток високої якості є параметр *Точки Якобіана*. Він встановлює кількість точок інтегрування, які використовуються в провірці рівня якості викривлення тетрадральних елементів.

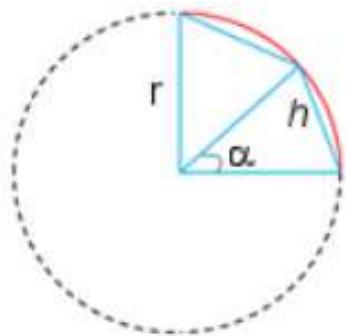
Параметр *Сітка чорнової якості* для кожного твердотільного елемента вказує 4 кутових вузла і 3 для кожного елемента оболонки. Його рекомендовано використовувати для швидкої перевірки, а для отримання кінцевих результатів користуються сіткою високої якості.

Параметр *Автоматичні проби для твердих тіл* пропонує вам автоматично спробувати створити сітку моделі з використанням меншого глобального розміру елемента. При цьому контролюються максимально допустима кількість спроб та коефіцієнт, на який кожен раз зменшується

Рисунок 3.11 – Параметри сітки на основі кривизни

глобальний розмір елемента та допуск. Даний параметр також доступний тільки для стандартної сітки.

При виборі створення *Сітки на основі кривизни* в областях більш високої кривизни автоматично створюється більше елементів, тобто в цьому разі не потрібно користуватись управлінням сіткою для її ущільнення у вказаних поверхнях (рис. 3.11).



При виборі даного алгоритму створення сітки, розмір елемента визначається математично по мінімальній кількості елементів, які вміщуються в гіпотетичне коло (рис. 3.12).

Якщо припустити, що четвертина кола це частина моделі, а мінімальна кількість елементів в колі встановлена на 8, то подумки завершена частина містить 8 елементів, а дуга – 2 елемента.

Рисунок 3.12 – Визначення розміру елемента

Даний параметр визначається кутом α . Довжина h розраховується як $h \sim r\alpha$. Для того, щоб використання даного параметру було результативним, необхідно не перевищувати *максимальний* та не зменшувати *мінімальний* розміри елементів ($h_{\min} < h < h_{\max}$). Для меж з найбільшою кривизною використовується мінімальний розмір елемента, а для меж з найменшою кривизною – максимальний.

Для задання відношення збільшення глобального розміру елемента в усіх напрямках, починаючи з областей високої кривизни використовується параметр *Відношення збільшення розміру елемента*.

Якість сітки відіграє ключову роль в точності результатів і програма використовує два важливих способи перевірки, щоб оцінити якість елементів в сітці – перевірку співвідношення сторін та точки Якобіана.

Перевірка співвідношення сторін. Для сітки на твердому тілі чисельна точність досягається найкраще при сітці з однаковими ідеальними тетраедральними

елементами, кромки яких рівні по довжині. Для всієї форми неможливо створити сітку ідеальних тетраедральних елементів. Через малі кромки, зігнутої форми, тонкостінних елементів і гострих кутів одні кромки деяких створених елементів довше інших. Коли кромки елемента набагато відрізняються по довжині, точність результатів знижується.

В якості основи для обчислення співвідношень сторін інших елементів використовується співвідношення сторін ідеального тетраедрального елемента. Воно визначається як відношення найдовшої кромки до найкоротшого перпендикуляру, опущеного з вершини на протилежну грань, нормалізовану щодо ідеального тетраедрального елемента. За визначенням, співвідношення сторін ідеального тетраедрального елемента дорівнює 1,0 (рис. 3.13). Перевірка співвідношення сторін допускає прямі кромки, що з'єднують чотири кутових вузла. Перевірка співвідношення сторін автоматично використовується програмою для перевірки якості сітки.

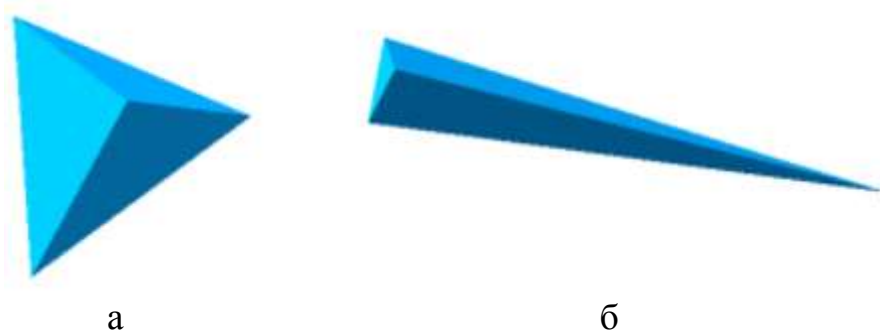


Рисунок 3.13 – Елементи з різними коефіцієнтами співвідношення сторін: а – з коефіцієнтом 1,0; б – з великим коефіцієнтом

Точки Якобіана. Параболічні елементи можуть відображати вигнуту геометрію набагато більш точно, ніж лінійні елементи такого ж розміру. Середні вузли граничних кромки елемента розташовані на фактичній формі моделі. На дуже гострих або вигнутих межах розміщення середніх вузлів на фактичній формі може призвести до утворення перекручених елементів з пересічними кромками. Якобіан вкрай викривленого елемента стає негативним. Елемент з негативним якобіаном викликає зупинку програми аналізу.

Якобієва перевірка ґрунтується на декількох точках, розташованих усередині кожного елемента. Програма пропонує вибір засновувати Якобієву перевірку на гауссових точках 4, 16, 29 або на параметрі U вузлах.

Для вирішення статичних задач при використанні p -методу рекомендується встановити для Якобієвої перевірки параметр U вузлах.

Коефіцієнт якобіана параболічного тетраедрального елемента при розташуванні всіх середніх вузлів точно на середині прямих кромek дорівнює 1,0. Коефіцієнт якобіана зростає зі збільшенням кривизни кромek. Коефіцієнт якобіана на точці всередині елемента надає міру ступеня викривлення елемента в цьому місці. Програма розраховує коефіцієнт якобіана на обраній кількості гауссових точок для кожного тетраедрального елемента. Ґрунтуючись на стохастичних дослідженнях, можна побачити, що коефіцієнт якобіана менше або дорівнює сорока є прийнятним. Програма автоматично налаштовує положення середніх вузлів викривлених елементів, щоб переконатися, що всі елементи проходять Якобієву перевірку.

4. РОЗРАХУНОК ПОХИБКИ ЗАКРІПЛЕННЯ ПОЯСУ ЛОНЖЕРОНА

В цьому розділі проведемо розрахунок похибки закріплення верхнього поясу лонжерону за допомогою додатку до САПР SolidWorks – SolidWorks Simulation. Для цього, прослідуюємо за описаними раніше етапами методу розрахунку похибки в САПР.

Тож, згідно з першим етапом, за складальним кресленням лонжерону (Додаток А) будуємо об'ємну модель поясу (рис. 4.1).

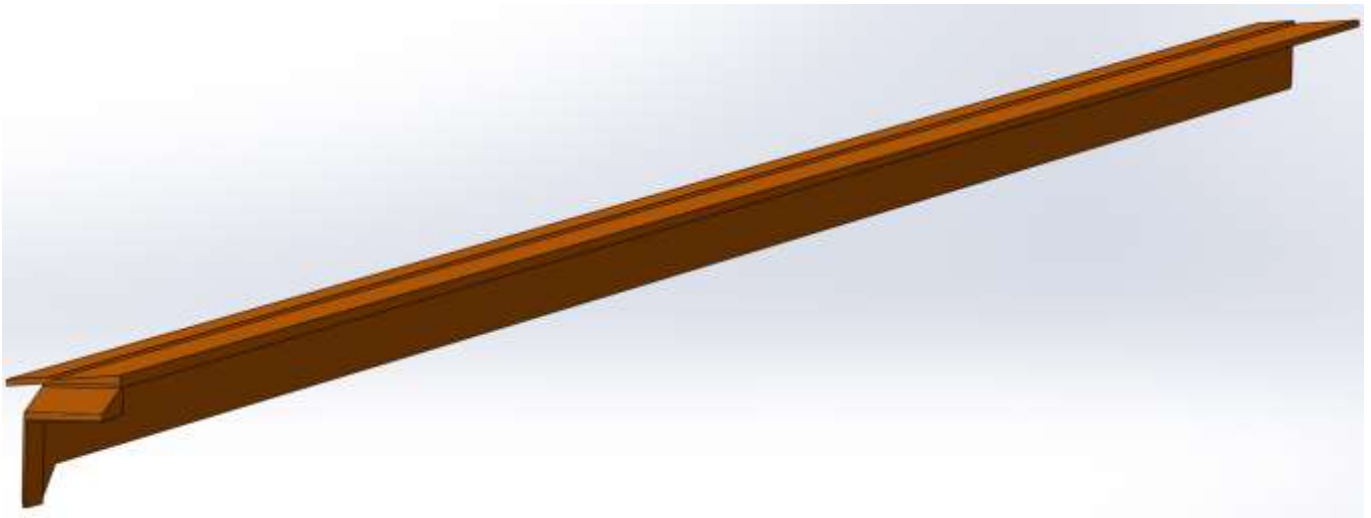


Рисунок 4.1 – Об'ємна 3D-модель поясу лонжерону

4.1. Розрахунок режимів різання для фрезерування карману

4.1.1. Підбір ріжучого інструменту

Конфігурація оброблюваної поверхні і вид обладнання визначають тип застосовуваної фрези. Її розміри визначаються розмірами оброблюваної поверхні і глибиною шару, що зрізається.

Карман шириною 45 мм, глибиною 2 мм та довжиною 10 530 мм виконується торцевим фрезеруванням. Оброблюваний матеріал – високоміцний алюмінієвий сплав В95, $HV = 125 \div 150$ МПа. Параметр шорсткості обробленої поверхні $Ra=3,2$ мкм.

Обробка деталі виконується на верстаті 6М13, технічні характеристики якого наведені в таблиці 4.1.

При торцевому фрезеруванні діаметр фрези D має бути більшим за ширину фрезерування B , тобто, $D = (1,25 \div 1,5)B = (1,25 \div 1,5) \cdot 45 = 57 \div 68$ мм. Це дозволяє досягнути продуктивних режимів різання.

Таблиця 4.1 – Основні параметри верстату 6М13

Найменування параметру	Значення
Основні параметри верстату	
Клас точності за ГОСТ 8-71 та ГОСТ 8-82	Н, П
Розміри поверхні столу, мм	400 x 1600
Відстань від торця шпинделю до столу, мм	30..500
Відстань від осі шпинделя до вертикальних напрямних станини (виліт), мм	450
Робочий стіл	
Найбільший повздовжній хід столу від руки (по осі X), мм	800
Найбільший поперечний хід столу від руки (по осі Y), мм	320
Найбільший вертикальний хід столу від руки (по осі Z), мм	420
Границі повздовжніх подач столу (X), мм/хв	25..1250
Границі поперечних подач столу (Y), мм/хв	25..1250
Границі вертикальних подач столу (Z), мм/хв	8,3..416,6
Кількість подач повздовжніх/поперечних/вертикальних	18
Швидкість швидких повздовжніх переміщень столу (по осі X), мм/хв	3
Швидкість швидких поперечних переміщень столу (по осі Y), мм/хв	3
Швидкість швидких вертикальних переміщень столу (по осі Z), мм/хв	1
Шпиндель	
Частота обертів шпинделя, об/хв	31,5..1600
Кількість швидкостей шпинделя	18
Переміщення пінолі шпинделя, мм	85
Переміщення пінолі шпинделя на одну поділку лімба, мм	0,05
Конус фрезерного шпинделя	№3 ГОСТ 836-62
Кінець шпинделя ГОСТ 24644-81, ряд 4, виконання 6	
Отвір фрезерного шпинделя, мм	29
Нахил шпиндельної головки вправо та вліво, град	±45
Механіка верстату	
Вимикаючі упори подачі (повздовжньої, поперечної, вертикальної)	так
Блокування ручної та механічної подач (повздовжньої, поперечної, вертикальної)	так
Блокування роздільного включення подач	так
Гальмування шпинделя	так
Запобіжна муфта від перевантажень	так

Продовження табл. 4.1

Автоматична переривчаста подача	так
Електрообладнання, привід	
Кількість електродвигунів на верстаті	3
Електродвигун приводу головного руху, кВт	10
Електродвигун приводу подач, кВт	3,0
Електродвигун затиску інструменту, кВт	ні
Електродвигун насоса охолоджуючої рідини, кВт	0,125
Сумарна потужність всіх електродвигунів, кВт	13,125
Габарити верстату (довжина/ширина/висота), мм	2565 x 2135 x 2235

Таким чином, для обробки деталі вибрана торцева фреза 2214-0154 ГОСТ 9473-80 з параметрами $D = 100$ мм, $L=38$ мм, $z=10$. Матеріал ріжучої частини фрези – пластини з твердого сплаву марки ВК8. Орієнтовний період стійкості в залежності від типу фрези, матеріалу ріжучої частини і діаметра фрези може бути обраний за нормативним даними. Для обраної фрези період стійкості прийнято $T = 180$ хв.

4.1.2. Призначення глибини різання та розрахунок подачі

Глибина різання береться максимально можливою t_{max} , так, щоб весь покладений на даній операції припуск був знятий за один робочий хід. Практично, глибина різання нічим не лімітується. Отже, глибина різання $t = 2$ мм.

Подача на зуб фрези також має бути максимально можливою $S_z(max)$ й вибирається вона по нормативним даним або розраховується за емпіричною формулою виду:

$$S_z = \frac{CD}{t^y B^2} k_s,$$

де C – константа, залежна від виду оброблюваного та ріжучого матеріалів, а, також, від типу фрези; D – діаметр фрези; t – глибина різання; B – ширина фрезерування; k_s – поправний коефіцієнт на конкретні умови фрезерування.

Константа, степеневі показники та поправні коефіцієнти беруться з довідників.

Для отримання шорсткості $Ra=3,2$ мкм, рекомендована подача на оберт складає $S_o = 0,5 \div 1,0$ мм/об [11].

Тоді, подача на зуб фрези складе

$$S_z = \frac{S_o}{z} = \frac{1,0}{10} = 0,1 \text{ мм/зуб.}$$

4.1.3. Розрахунок швидкості різання та частоти обертів шпинделя

Швидкість різання при фрезеруванні може бути розрахована за формулою:

$$V = \frac{C_V \cdot D_{\text{фр}}^q \cdot k_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p}$$

де C_V – коефіцієнт пропорційності, $C_V = 994$;

k_V – загальний поправний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови різання,

$$k_V = k_{MV} k_{ПV} k_{IV};$$

k_{MV} – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, $k_{MV} = 0,8$;

$k_{ПV}$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, $k_{ПV} = 0,9$;

k_{IV} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, $k_{IV} = 2,7$;

m, x, y, q, u, p – показники степені, $m = 0,33, x = 0,17, y = 0,1, q = 0,22, u = 0,22, p = 0$;

T – період стійкості різального інструменту, хв;

B – ширина фрезерування, мм.

Тоді,

$$V = \frac{994 \cdot 100^{0,22} \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 2,7}{180^{0,33} \cdot 2^{0,17} \cdot 0,1^{0,1} \cdot 45^{0,22} \cdot 10^0} = 464 \text{ мм/хв.}$$

Визначивши швидкість різання, знайдемо частоту обертів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{фр}}} = \frac{1000 \cdot 464}{3,14 \cdot 100} = 1477 \text{ 1/хв.}$$

Приймаємо найближчу паспортну частоту $n_{\text{п}} = 1500 \text{ 1/хв.}$

Знаходимо фактичну швидкість різання за формулою:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{фр}} \cdot n_{\text{п}}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 1500}{1000} = 471,23 \text{ мм/хв.}$$

Тоді, розрахункова хвилинна подача складатиме:

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n_{\text{п}} = 0,1 \cdot 10 \cdot 1\,500 = 1\,500 \text{ мм/хв.}$$

4.1.4. Визначення сил та ефективної потужності фрезерування

Головна складова сили різання при фрезеруванні – окружна сила, розраховується за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z \cdot K_{\text{mp}}}{D_{\text{фр}}^q \cdot n^w}$$

де C_p - коефіцієнт пропорційності, $C_p = 491$;

K_{mp} - поправковий коефіцієнт для змінених умов роботи $K_{\text{mp}} = 2,75$;

x, y, q, w, u – показники степені $x = 1$; $y = 0,75$; $q = 1,3$; $w = 0,2$; $u = 1,1$.

Так,

$$P_z = \frac{10 \cdot 491 \cdot 2 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 45^{1,1} \cdot 10 \cdot 2,75}{100^{1,3} \cdot 1\,500^{0,2}} = 919,88 \text{ Н.}$$

Величини інших складових сили різання визначають із співвідношення з головною складовою P_z . Таким чином, для несиметричної попутної схеми фрезерування радіальна сила $P_y = 0,3 \div 0,4P_z = 0,35 \cdot 919,88 = 321,96 \text{ Н}$; осьова сила $P_x = 0,5 \div 0,55P_z = 0,5 \cdot 919,88 = 459,94 \text{ Н}$.

Крутний момент на шпинделі

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D_{\text{фр}}}{200} = \frac{919,88 \cdot 100}{200} = 459,94 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ефективна потужність різання

$$N = \frac{P_z \cdot V}{61\,200} = \frac{919,88 \cdot 471,23}{61\,200} = 7,08 \text{ кВт.}$$

4.2. Розрахунок сили закріплення

При обробці заготовки на неї діють сили, які намагаються змістити заготовку з необхідного положення. Для забезпечення нерухомості заготовки в пристрої під час її обробки, до неї необхідно прикласти зусилля, які протидіють попередньо названим.

При операції фрезерування на заготовку діють окружна P_z , радіальна P_y та

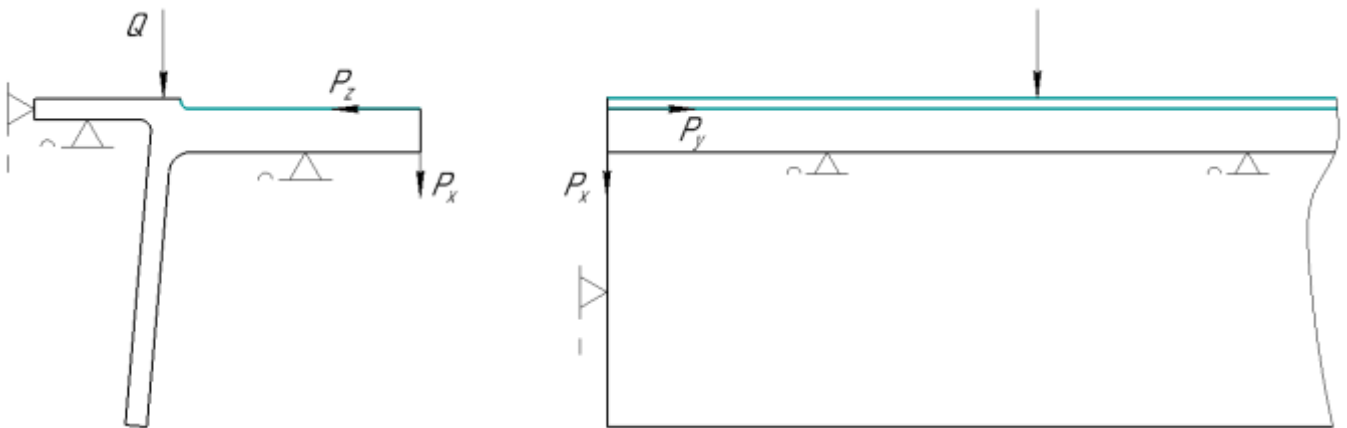


Рисунок 4.2 – Схема діючих на заготовку сил при обробці

осьова P_x сили (рис. 4.2).

Окружна та осьова сили направлені в сторону опор, та притискають до них заготовку. В такому разі, основним зусиллям, яке зміщує заготовку є радіальна сила P_y , для протидії якій до заготовки потрібно прикласти силу закріплення Q . При її прикладанні зміщенню заготовки будуть запобігати сили тертя, що виникають між опорою та заготовкою, а також, між прихватами й заготовкою.

Враховуючи коефіцієнт запасу k та умову рівності сил, отримуємо [12]

$$Q = \frac{kP_y + P_x f_2}{f_1 + f_2},$$

де f_1 та f_2 – коефіцієнти тертя заготовки установчими та затискними елементами, $f_1 = f_2 = 0,25$.

Коефіцієнт k розраховують для конкретних умов обробки за формулою [13]:

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5,$$

де $k_0 = 1,5$ – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків;

k_1 – коефіцієнт, що враховує якість поверхні заготовок, $k_1 = 1,2$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від затуплення інструменту, $k_2 = 1,2$;

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при переривчастому різанні, $k_3 = 1$;

k_4 – коефіцієнт, який враховує постійність сили закріплення, $k_4 = 1,3$;

k_5 – коефіцієнт, який враховується тільки при наявності моментів що намагаються повернути деталь.

Таким чином,

$$Q = \frac{1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 321,96 + 459,94 \cdot 0,25}{0,25 + 0,25} = 2\,039,24 \text{ Н.}$$

4.3. Розрахунок похибки закріплення в SolidWorks Simulation

Перед початком розрахунку модифікуємо модель, використовуючи команду

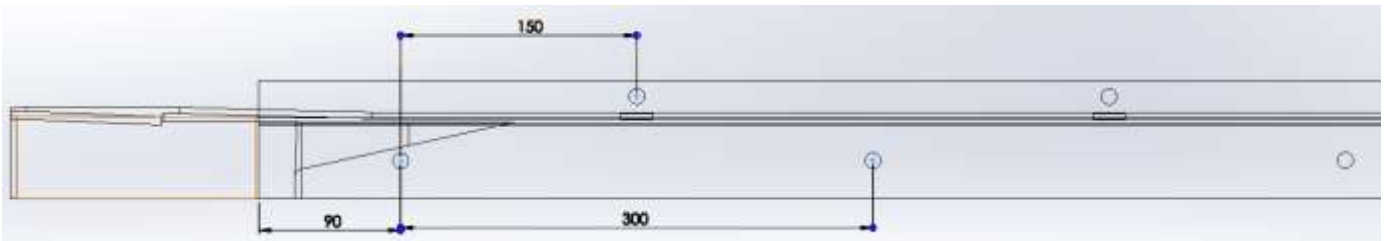


Рисунок 4.3 – Положення опор та прихватів

Розділити лінії (рис. 4.3).

Оскільки довжина заготовки більша за робочі розміри столу й фрезерування буде проводитись в передвижку в декілька установ, то розрахунок проведемо на одній з цих ділянок.

Тож, переходимо до меню статичного аналізу деталі та призначаємо матеріал. Обираємо алюмінієвий сплав 7075, який є зарубіжним аналогом В95 (рис. 4.5).

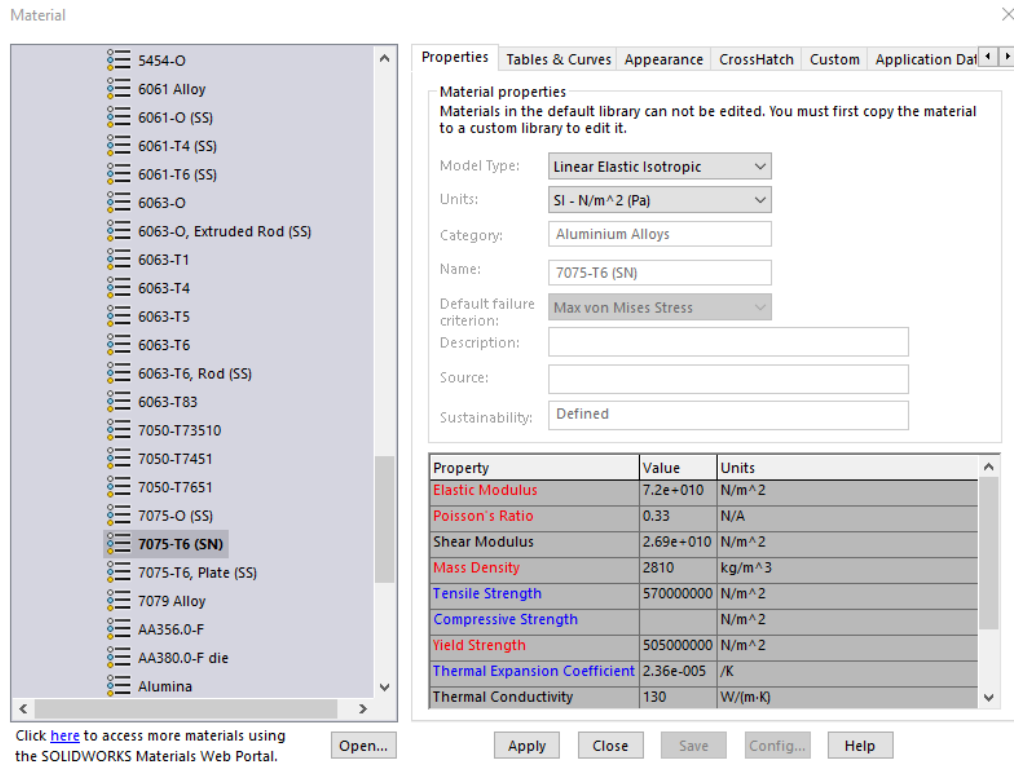


Рисунок 4.5 – Параметри матеріалу

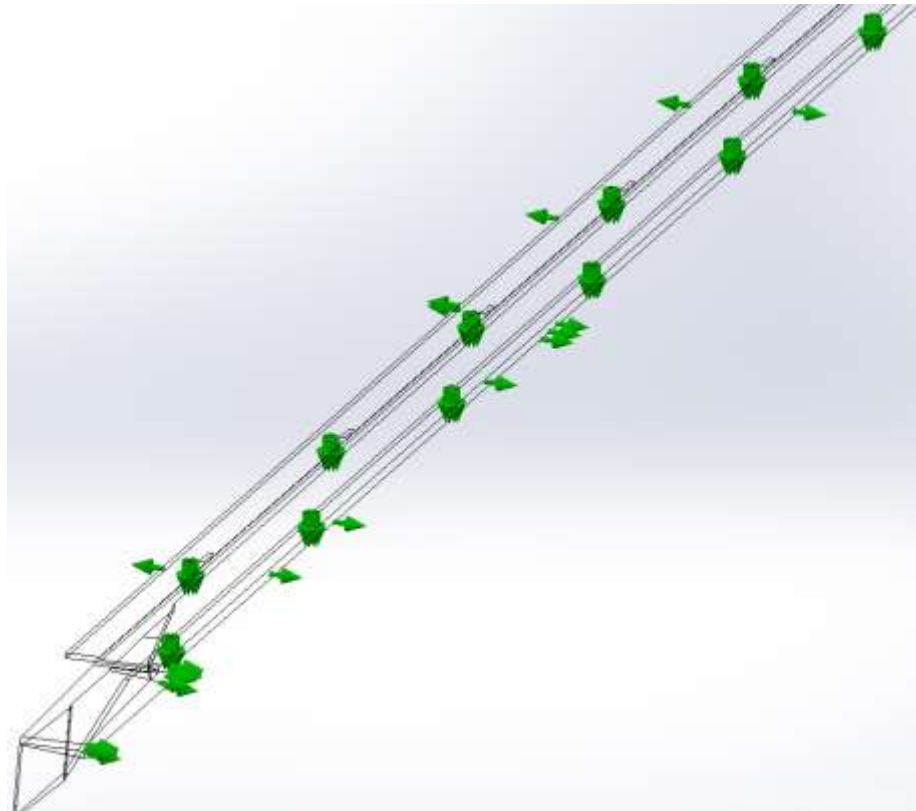


Рисунок 4.6 – Закріплення деталі

Далі, проводимо закріплення деталі, лишавоючи її необхідних степенів свободи.

Для нашого випадку, для того щоб деталь могла переміщуватись лише у вертикальному напрямку, буде достатнім використання закріплення типу ролик/повзун (рис. 4.6).

Після цього прикладаємо силу закріплення (рис. 4.7) та, створивши сітку

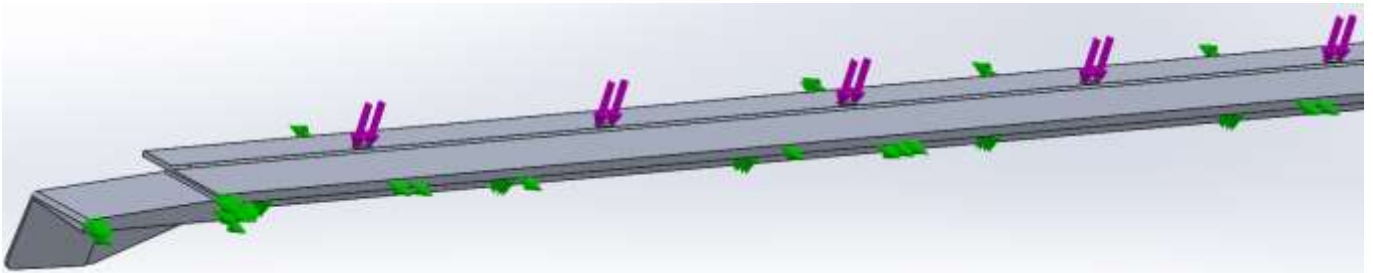


Рисунок 4.7 – Прикладання сили

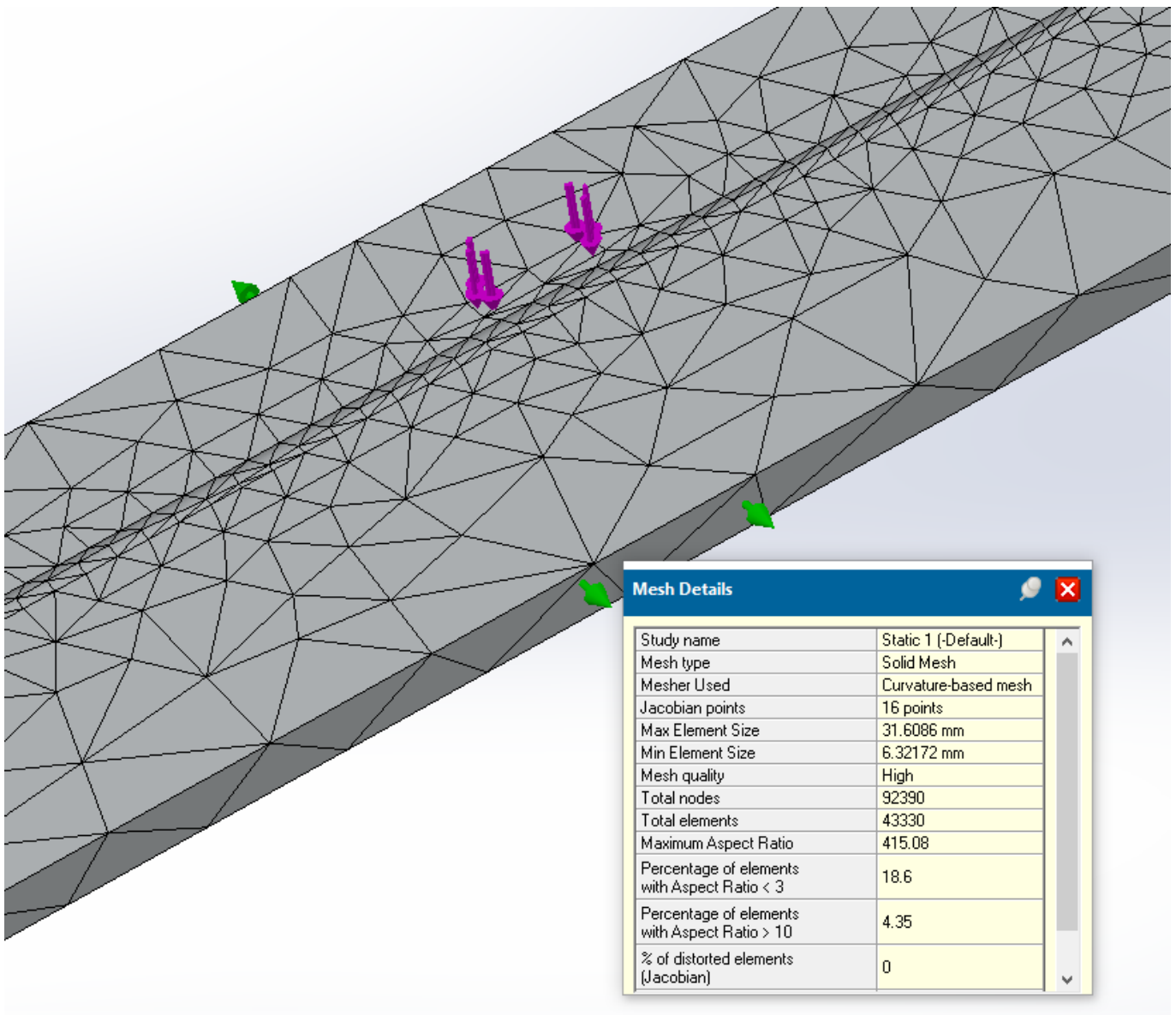


Рисунок 4.8 – Параметри сітки

(рис. 4.8) запускаємо розрахунок.

Через доволі короткий проміжок часу отримуємо результати та налаштуємо їх зручне відображення, наприклад, такі як порядок відображення шкали, максима-

льного та мінімального значень, відображення сітки, накладання прозорі недефор-

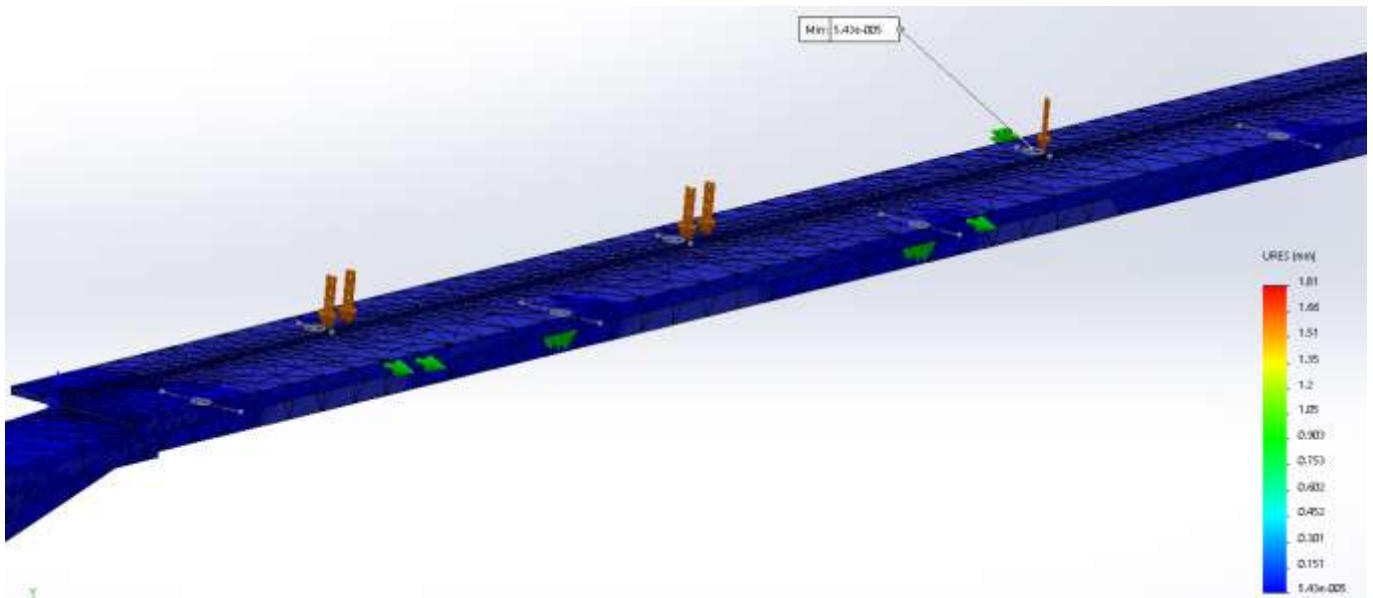
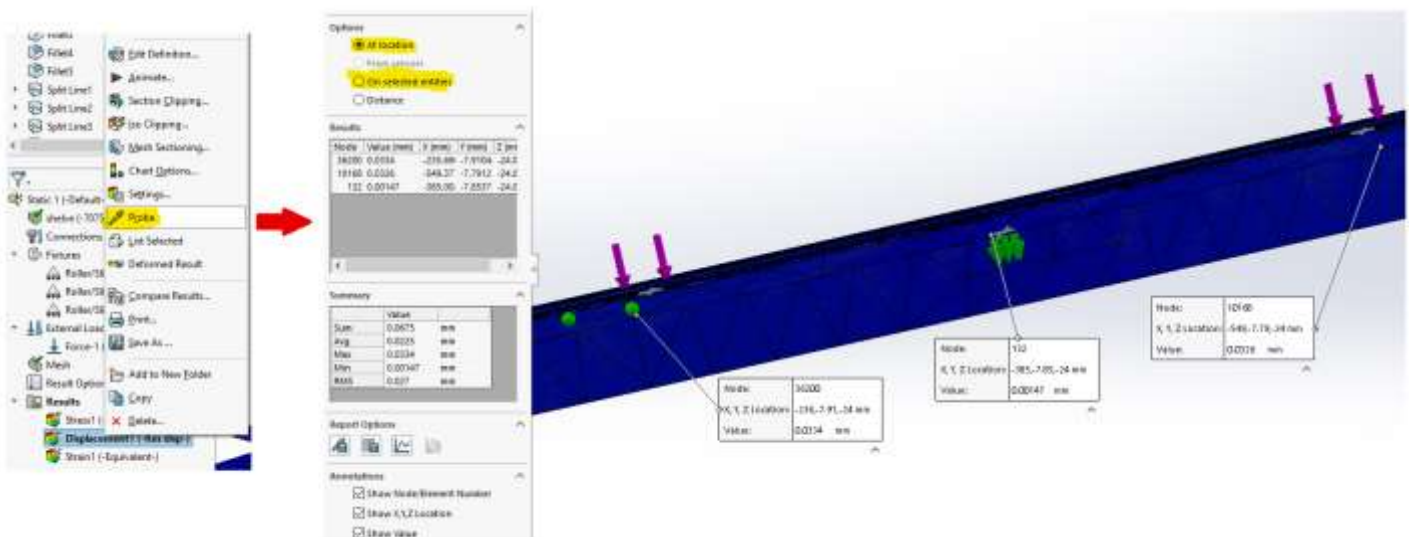


Рисунок 4.9 – Відображення результату

мованої деталі на деформовану та інші (рис. 4.9). Після цього, для кращого розуміння процесу, також, можемо створити анімацію процесу навантаження деталі.

Але, оскільки закріплення деталі проводилося не по всій її довжині, то максимальне переміщення, що відображає результат – переміщення вільного кінця деталі. Нам потрібно дізнатись переміщення в робочій області.

Для визначення переміщень в конкретних точках деталі можна скористатись командою *результат*, обравши її зі списку команд при натисненні правою кнопкою миші на розрахованій епюрі переміщень, встановити опцію *на місці*, та обрати на



моделі точки які нас цікавлять (рис. 4.10).

Також, встановивши опцію *На обраних об'єктах*, обравши поверхню, грань чи точку моделі можна отримати таблицю результатів по обраному об'єкту та зберегти в EXCEL файлі. Таким чином, обравши поверхню вимірювальної бази, отримуємо результати переміщень по всій її довжині, сортуємо отриману таблицю по довжині деталі та відкидаємо значення за розміром робочої області (Додаток Б). Аналізуємо отриману таблицю та розраховуємо похибку закріплення в конкретній точці шляхом різниці найбільшого та найменшого переміщень поверхні. Так, максимальне значення склало 37,3 мкм (помічено червоним кольором в таблиці Додатку Б), а мінімальні - 0,232 мкм (помічено зеленим кольором). Найбільша похибка закріплення приймає значення 37,068 мкм.

Зменшимо діаметр площі контакту опор з деталлю в меншу сторону та розрахуємо переміщення тієї ж поверхні.

Як бачимо з результатів (Додаток В), переміщення одних і тих самих точок збільшились, а, отже, і похибка закріплення у цьому випадку буде більшою. З результатів бачимо, що максимальне переміщення – 44,8 мкм, а мінімальне – 0,633 мкм. Найбільша похибка закріплення в цьому випадку складає 44,167 мкм.

5. РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

В основі проекту лежить ідея створення центру розробки технологічних процесів (ТП) обробки деталей з забезпеченням високої точності.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Розробка технологічних процесів обробки з забезпеченням високої точності	1. Створення та оптимізація вже існуючих технологічних процесів обробки	Скорочення строків виробництва
	2. Розрахунок похибок обробки та розробка верстатних пристроїв	Забезпечення високої точності деталей
	3. Підбір обладнання та інструменту; підбір і замовлення сировини	Економія часу технологічної підготовки
	4. Написання керуючих програм	Відсутня необхідність у висококваліфікованих робітниках

На ринку вже існує декілька конкурентів, але вони не забезпечують тієї точності, яку пропонує даний проект.

Таблиця 5.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	Потенційні товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Проект	Конкурент 1	Конкурент 2			
Вартість	+	+	-			+
Точність	+	-	-			+
Термін виконання робіт	+	-	+			+
Якість надання послуг	+	+	+			+

На основі аналізу аудиту технології створення проекту, є зрозумілим, що ніяких перешкод для його реалізації не має, адже необхідні технології існують на ринку та загальнодоступні.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технології	Доступність технології
Створення ТП з забезпеченням високої точності й проектуванням верстатних пристроїв	Існуючі ТП та САПР на основі МКЕ	САПР існують і на ринку їх вдосталь	Доступна

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів [14].

Для початку визначимо наявність попиту, обсяг та динаміку розвитку ринку (табл. 5.4), звідки видно, що ринок є привабливим для входження.

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку

Показники стану ринку	Характеристика
Кількість головних гравців, од	2
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од.	Невідомо
Динаміка ринку	Зростає
Наявність обмежень для входу	Низький досвід в області маркетингу та менеджменту
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	70

Далі, визначаємо потенційних клієнтів, їх характеристики та вимоги до товару (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Вимоги споживача до товару
Розробка ТП, зменшення строків виробництва, високоякісна продукція	Авіа- та машинобудівна промисловість	Якомога менші строки виконання робіт, висока точність

Визначаємо фактори, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (табл. 5.6 – табл. 5.7) і проводимо аналіз конкуренції на ринку (табл. 5.8).

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Недовіра	Оскільки компанія нова, то може виникати недовіра до якості роботи та швидкості її виконання	Приваблення перших клієнтів зниженою ціною послуг до моменту створення задовільної клієнтської бази
Конкуренція	Оскільки на ринку є довгограючі компанії з більшим досвідом, клієнти можуть віддавати їм перевагу	Забезпечення високої якості, точності при мінімальних строках виконання робіт, проведення маркетингової кампанії

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Збільшення об'єму замовлень	З набуттям клієнтської бази та попиту можливий зріст замовлень	Розширення підприємства
Розширення можливостей	Зі збільшенням підприємства можуть розширитись його можливості	Збільшення переліку надання послуг клієнтам

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Олігополістична конкуренція	Невелика кількість підприємств схожих видом надання послуг, які, здебільшого, ведуть нецінову конкуренцію	Не відрізняється помітним впливом
Національний рівень конкуренції	Боротьба ведеться в межах однієї країни	Можливий вихід на міжнародний ринок
Внутрішньогалузева конкуренція	Конкуренція ведеться в основному у машинобудівній галузі	Гарантування високої якості послуг
Конкуренція за видами товарів – товарно-родова	Можливість задовольнити потреби галузі	Низька кількість конкурентів
Неціновий характер конкурентних переваг	Надається перевага якості	Забезпечення високої точності та якості
Приваблива інтенсивність	Конкуренти задовольня-	Не має помітного впливу

	ють свої потреби	
--	------------------	--

Визначивши особливості конкурентного середовища проведемо більш детальний аналіз конкуренції (табл. 5.9).

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Клієнти	Товари-замінники
	ТаегуТес Україна	Бар'єрів входження в ринок нема	Авіа- та машинобудівні підприємства	Програмне забезпечення
Висновки	Конкуренція з низькою привабливою інтенсивністю	Є можливість виходу на ринок	Клієнти можуть диктувати вихідні параметри якості та точності	Жодних обмежень

Таким чином, з огляду на низьку інтенсивність конкуренції та відсутність бар'єрів входження, можна зробити висновок, що вхід на ринок можливий, та для того щоб бути конкурентоспроможними потрібні висококваліфіковані фахівці.

На основі проведеного аналізу конкуренції визначимо фактори конкурентоспроможності (табл. 5.10) та визначимо сильні сторони проекту (табл. 5.11).

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
Точність	Забезпечення високої точності забезпечить конкурентоспроможність послуг
Час виконання робіт	Клієнти зацікавлені в більш короткому часі виконання замовлень, при забезпеченні якої разом з високою якістю підвищить репутацію на ринку
Ціна послуг	Призначення адекватної ціни буде впливати на вибір клієнта в позитивну сторону проекту

Таблиця 5.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Точність	18		+					
Час виконання робіт	19			+				
Ціна послуг	20				+			

Щоб завершити ринковий аналіз можливостей впровадження проекту, складемо матрицю SWOT-аналізу (табл. 5.12).

Таблиця 5.12 – SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Висока якість за мінімальний час	Слабкі сторони: Відсутність досвіду ведення бізнесу та маркетингу
Можливості: Внутрішньогалузеве визнання, приплив клієнтів та розширення компанії	Загрози: Підвищення конкуренції на ринку

Перед впровадженням проекту в життя, потрібно ще визначитись з його ринковою стратегією. Перший кроком до цього буде визначення цільових груп потенційних споживачів (табл. 5.13).

Таблиця 5.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Машинобудівні підприємства обробки деталей середньої точності	Готові	Низький	Низька	Просто
Підприємства, спеціалізовані на виготовленні авіаційних деталей та деталей для приладо- і верстатобудування	Готові	Високий	Низька	Просто
З огляду на готовність споживання та рівень попиту обираємо другу цільову групу				

Оскільки компанія націлена на одну цільову групу, стратегію охоплення ринку приймаємо стратегію концентрованого маркетингу. поставивши мету задоволення потреб цільового сегменту краще за конкурентів, за базову стратегію розвитку приймаємо стратегію спеціалізації.

Для повного визначення ринкової стратегії залишається вибрати стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.14) та позиціонування (табл. 5.15).

Таблиця 5.14 – Визначення базової стратегії розвитку

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючі?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики?	Стратегія конкурентної поведінки
--	---	--	----------------------------------

	нуючих у конкурентів?	товару конкурента?	
Ні	Так	Буде копіювати загальні ідеї	Стратегія заняття конкурентної ніші

Таблиця 5.15 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію проекту
Продукт повинен задовольняти поставленим вимогам та стандартам, зберігати високу точність та виконуватись в мінімальні строки	Стратегія спеціалізації	Підтримка хороших відносин та отримання фідбеку	Гарантія якості і швидкості, надійність

Отже, зосередившись на групі підприємств, які спеціалізуються на виготовленні авіаційних деталей і деталей приладів та верстатобудування, до яких пред'являють підвищені вимоги до точності, яка відіграє значну роль при складанні технологічних процесів та яку зможе забезпечувати проект, а, також, з огляду на те, що ринок має зростаючу динаміку, конкуренція на ринку є низькою, відсутні бар'єри входження на ринок, проект є доволі конкурентоспроможним, то при глибшому доопрацюванні стартап-проекту він може мати хороші перспективи розвитку.

ВИСНОВКИ

На деталь що обробляється діє велика кількість факторів, які можуть викликати похибки при обробці. Однією важливою складовою сумарної похибки обробки деталі є похибка закріплення, яка вносить в неї вагомий вклад та складається із випадкової складової $\varepsilon_{зв}$, значення якої залежить від непостійності сили закріплення, неоднорідності шорсткості бази заготовок і неоднорідності їх хвилястості; та систематичної $\varepsilon_{зз}$ складової, пов'язаної зі зміною форми поверхні затискного елемента при зносі.

Похибка закріплення має нерівномірний розподіл по деталі. В деяких точках вона більша, в деяких – менша. Для її розрахунку в конкретній точці деталі швидко та зручно користуватись САПР на основі методу кінцевих елементів. Її потрібно враховувати в розрізі службового призначення деталі.

Основний фактор, що має найбільший вплив на похибку закріплення при встановленні заготовок на призму, сферичні та насічені опори, є знос опорних поверхонь встановлених елементів, а при встановленні на опори з плоскою головкою та опорні пластини – неоднорідність сили закріплення. Зменшивши ці фактори, можна в значній мірі знизити значення похибки закріплення.

Це досягається шляхом прагнення до меншої висоти хвиль поверхні заготовки при їх встановленні на призму. При встановленні на сферичні та насічені опори – в допустимих випадках, це використання опор більшого розміру та зменшення шорсткості поверхонь заготовок. При встановленні ж заготовок на опорні пластини зменшення максимальної шорсткості баз заготовок та, в меншій мірі, менша номінальна площа опори зменшує вплив непостійності сили закріплення.

Також, зменшенню похибки закріплення і підвищенню точності обробки можуть сприяти такі заходи:

- вибір схеми базування, що забезпечує найбільшу стійкість заготовки;
- віддавати перевагу використанню гідравлічних, пневматичних і т. п. приводів ручним прижимам;

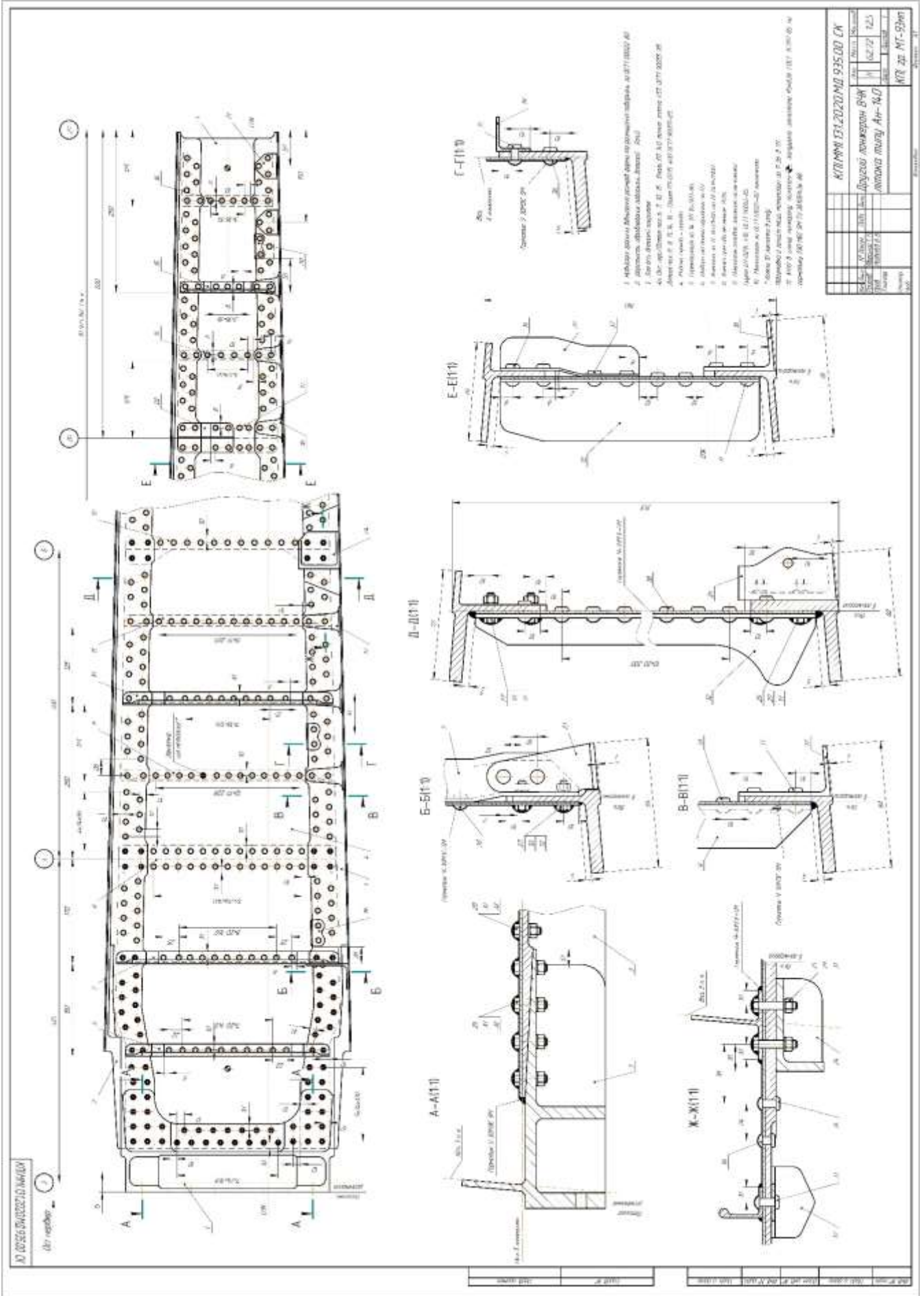
- підвищення жорсткості стику опорні поверхні пристосування – базові поверхні заготовки, наприклад, за рахунок введення допоміжних опор;
- збільшення аж до 90° кута між напрямками зміщення ескізної бази й витримуваного розміру;
- підвищення точності форми і зменшення шорсткості баз заготовок, зменшення коливань твердості заготовок;

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 496 с.
2. Основы технологии машиностроения: учебник и практикум для прикладного бакалавриата /А. В. Тотай [и др.]; под общей редакцией А. В. Тотая. — Москва: Издательство Юрайт, 2018. — 239 с. — ISBN 978-5-534-01132-6.
3. Оптимизация процесса механической обработки деталей сложного профиля: монография/Л. В. Боршова, В. Ф. Пегашкин, М. В. Миронова; М-во науки и высш. обр. РФ, ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Нижнетагил. технол. ин-т (фил.). – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2019 – 150 с. – ISBN 978-5-9544-0099-1.
4. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов/В. В. Бабук, П. А. Горезко, К. П. Забродин и др./Под общ. Ред. В. В. Бабука. – Мн.: Выш. школа, 1979. – 464с.
5. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т./Ред. Совет: Б. Н. Вардашкин (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1984, - Т. 1/Под ред. Б Н. Вардашкина, А. А. Шатилова, 1984. – 592 с.
6. Кінцево-елементне моделювання в інженерних розрахунках: Підручник/М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Таган-Барановського, Нац. ун-т харч. Вир-в, Ін-т техн. теплофізики НАН України; Н. М. Лавріненко, В. О. Сукманов, А. О. Авраменко, А. І. Українець, Д. С. Афеченко, А. В. Шульга. – Донецьк: ДонНУЕТ, Норд-Прес, 2009. – 668 с. – ISBN 978-966-380-268-8.
7. Введение в метод конечного элемента [Текст]: учеб. Пособие/В. А. Жилкин. – Челябинск: ЧГАА, 2013. – 296 с. – ISBN 978-5-88156-640-1.
8. Конспект лекцій з дисципліни "Методи аналізу, моделювання та оптимізації процесів ОМТ": Частина 3 «Теоретичні методи розрахунку процесів ОМТ» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності

- 136 «Металургія» за освітньо-науковою програмою «Обробка металів тиском»/Укл. С.В. Єршов. - Кам'янське, ДДТУ. - 2016. - 60 с.
9. <http://www.stroitmeh.ru/lect31.htm>
10. http://help.solidworks.com/2018/russian/SolidWorks/cworks/c_SOLIDWORKS_Simulation_Fundamentals.htm?id=187f3f86fc2549faa76ce4d3a9ae4289#Pg0
11. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т./ Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 1. – 496 с.
12. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений: Учеб. пособие для студентов вузов машиностроительных спец. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 238 с.
13. Справочник конструктора по расчету и проектированию станочных приспособлений/ В. Е. Антонюк, В. А. Королев, С. М. Башеев. – Минск, «Беларусь», 1969. – 392 с.
14. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей/За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с
15. Конкурентоспроможність підприємства: навч. посіб./Р. Л. Лупак, Т. Г. Васильців. – Львів: Видавництво ЛКА, 2016. – 484 с. – ISBN 978-617-602-169-8

ДОДАТКИ



Додаток А. Складальне креслення лонжерону та специфікація до нього

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<i>Документація</i>						
A1			КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.00 СК	Складальне креслення		
<i>Деталі</i>						
БК	1		1КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.01	Фітинг	1	
БК	2		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.02	Пояс верхній	1	B95
БК	3		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.03	Пояс нижній	1	D16T
БК	4		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.04	Стінка від 3 до 14 нервюри	1	1420
БК	5		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.05	Стінка від 14 до 27 нервюри	1	1420
БК	6		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.06	Стійка L=330	1	1420
БК	7		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.07	Стійка L=360	1	1420
БК	8		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.08	Стійка по 4 нервюрі L=352	1	1420
БК	9		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.09	Стійка L=345	1	1420
БК	10		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.10	Стійка L=340	1	1420
БК	11		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.11	Стійка L=335	1	1420
БК	12		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.12	Стійка по 5 нервюрі L=330	1	1420
БК	13		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.13	Стійка по 26 нервюрі L=160	1	1420
БК	14		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.14	Стійка L=155	1	1420
БК	15		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.15	Стійка L=150	1	1420
БК	16		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.16	Стійка L=145	1	1420
БК	17		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.17	Книця	10	
БК	18		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.18	Книця	7	
БК	19		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.19	Книця	10	
БК	20		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.20	Книця	4	
БК	21		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.21	Книця	2	
БК	22		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.22	Книця по 26 нервюрі	1	
БК	23		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.23	Книця	1	
БК	24		КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.24	Кронштейн підкосу	1	
КПІ.ММІ.131.2020.МД.935.00 СК						
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Яворський Т.				
Пров.		Медведев В. В.				
Н.контр.						
Утв.						
				Другий лонжерон ВЧК літака типу Ан-140		
Лит.		Лист	Листов			
Н		1	3			
				КПІ, гр. МТ-93мп		

Додаток Б. Результати першого розрахунку

Node	Value (mm)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
22	0,00514	-27,0	-7,99	-48,00
24	0,0051	-27,0	-7,99	-29,13
142	0,00513	-27,0	-7,99	-38,50
143	0,00512	-27,0	-7,99	-33,81
16491	0,00514	-27,0	-7,99	-43,25
16492	0,00511	-27,0	-7,99	-31,47
16493	0,00513	-27,0	-7,99	-36,16
21669	0,00491	-30,6	-7,99	-48,00
34982	0,0049	-30,6	-7,99	-40,88
35031	0,0049	-30,6	-7,99	-45,63
23800	0,00481	-31,2	-7,99	-28,22
34644	0,00485	-31,2	-7,99	-35,25
34663	0,00483	-31,2	-7,99	-30,56
36714	0,00484	-31,2	-7,99	-32,90
5281	0,00467	-34,2	-7,99	-48,00
10045	0,00467	-34,2	-7,99	-43,25
35399	0,00467	-34,2	-7,99	-45,63
35032	0,00462	-34,8	-7,99	-37,62
7370	0,00451	-35,3	-7,99	-27,31
9966	0,00455	-35,3	-7,99	-31,99
34997	0,00453	-35,3	-7,99	-29,65
21670	0,00444	-37,9	-7,99	-48,00
34983	0,00444	-37,9	-7,99	-45,63
35054	0,00439	-38,4	-7,99	-40,00
35034	0,00432	-38,9	-7,99	-34,37
23799	0,00421	-39,5	-7,99	-26,40
34645	0,00424	-39,5	-7,99	-28,74
5100	0,0042	-41,5	-7,98	-48,00
34984	0,00416	-42,0	-7,98	-42,37
10046	0,00409	-42,6	-7,98	-36,74
34985	0,00401	-43,1	-7,98	-31,11
7367	0,0039	-43,6	-7,98	-25,49
21310	0,00372	-48,8	-7,98	-48,00
35033	0,00367	-49,3	-7,98	-42,37
36547	0,00355	-50,4	-7,98	-35,83
36536	0,00345	-50,9	-7,98	-30,20
23796	0,00326	-52,0	-7,98	-23,67
4916	0,00323	-56,0	-7,98	-48,00
36367	0,00313	-57,1	-7,98	-41,46
10285	0,003	-58,1	-7,98	-34,92
36366	0,00281	-59,2	-7,98	-28,38
7365	0,00258	-60,3	-7,98	-21,85
21687	0,00284	-61,8	-7,98	-48,00
36718	0,00274	-62,8	-7,98	-41,46
36463	0,00249	-65,6	-7,98	-36,71
36551	0,00234	-66,6	-7,97	-31,64
5290	0,00245	-67,5	-7,97	-48,00
35478	0,00211	-67,6	-7,97	-25,10
23797	0,00189	-68,6	-7,97	-20,03
36659	0,00224	-70,3	-7,97	-43,25
9918	0,00201	-73,0	-7,97	-38,50
21688	0,00207	-73,3	-7,97	-48,00
35365	0,00186	-74,0	-7,97	-33,43
10161	0,00168	-75,0	-7,97	-28,35
35364	0,00149	-76,0	-7,97	-23,28
34604	0,00187	-76,0	-7,97	-43,25

Node	Value (mm)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
35239	0,00692	-728,8	-7,72	-39,00
9913	0,0104	-730,0	-7,72	-12,01
10106	0,00795	-730,0	-7,72	-30,00
35238	0,00901	-730,0	-7,72	-21,01
35025	0,0097	-737,5	-7,72	-39,00
36660	0,0133	-737,5	-7,72	-3,02
34974	0,0114	-738,8	-7,72	-21,01
35169	0,0106	-738,8	-7,72	-30,01
36598	0,0128	-738,8	-7,72	-9,02
20924	0,0152	-746,3	-7,72	-0,02
21307	0,0124	-746,3	-7,72	-48,00
10041	0,0133	-747,5	-7,72	-30,01
10326	0,015	-747,5	-7,72	-6,02
36661	0,0141	-747,5	-7,72	-18,01
34975	0,0159	-756,3	-7,71	-39,00
35026	0,0165	-756,3	-7,71	-15,02
36599	0,0169	-756,3	-7,71	-3,02
4617	0,0187	-765,0	-7,71	-0,03
5003	0,0188	-765,0	-7,71	-48,00
35244	0,019	-765,6	-7,71	-27,01
35160	0,0218	-774,4	-7,71	-36,01
35230	0,021	-774,4	-7,71	-12,02
10101	0,0242	-783,8	-7,70	-24,01
20934	0,0222	-783,8	-7,70	-0,03
21304	0,025	-783,8	-7,70	-48,00
35159	0,0255	-793,1	-7,70	-12,02
35231	0,0276	-793,1	-7,70	-36,01
4721	0,0253	-802,5	-7,70	-0,03
5078	0,0305	-802,5	-7,70	-48,00
35255	0,0293	-802,5	-7,70	-24,01
34958	0,0325	-811,9	-7,69	-36,01
35016	0,0296	-811,9	-7,69	-12,02
10033	0,0333	-821,3	-7,69	-24,01
20933	0,0277	-821,3	-7,69	-0,03
21305	0,0347	-821,3	-7,69	-48,00
34959	0,0325	-830,6	-7,68	-12,02
35015	0,0355	-830,6	-7,68	-36,01
35379	0,0348	-835,3	-7,68	-24,01
4530	0,0291	-840,0	-7,68	-0,03
4917	0,0362	-840,0	-7,68	-48,00
35490	0,0358	-844,7	-7,68	-36,01
35491	0,0328	-844,7	-7,68	-12,02
10169	0,0345	-849,4	-7,68	-24,02
20938	0,0279	-858,8	-7,67	-0,03
21313	0,0346	-858,8	-7,67	-48,00
35380	0,0324	-863,4	-7,67	-24,02
35508	0,0334	-863,4	-7,67	-36,01
35510	0,0305	-863,4	-7,67	-12,02
4723	0,0254	-877,5	-7,67	-0,03
5103	0,0305	-877,5	-7,67	-48,00
9943	0,0293	-877,5	-7,67	-24,02
34691	0,0277	-877,5	-7,67	-12,02
34697	0,0301	-877,5	-7,67	-36,01
20937	0,0223	-896,3	-7,66	-0,03
21314	0,025	-896,3	-7,66	-48,00
34611	0,0235	-896,3	-7,66	-12,02

7368	0,0013	-76,9	-7,97	-18,21
34728	0,00171	-77,3	-7,97	-36,13
35479	0,00155	-78,2	-7,97	-31,05
5099	0,00171	-79,0	-7,97	-48,00
35524	0,00137	-80,0	-7,97	-26,18
34799	0,0016	-80,3	-7,97	-40,88
34606	0,00123	-81,0	-7,97	-21,10
23802	0,00114	-81,1	-7,97	-17,30
9987	0,00144	-81,5	-7,97	-33,75
34766	0,00129	-83,3	-7,97	-28,88
35986	0,00142	-83,9	-7,97	-42,06
21677	0,00138	-84,8	-7,97	-48,00
138	0,00119	-85,0	-7,97	-24,00
35469	0,0013	-85,1	-7,97	-34,94
35253	0,00117	-85,1	-7,97	-20,19
7371	0,00112	-85,3	-7,97	-16,39
34729	0,00126	-85,8	-7,97	-31,38
16483	0,00117	-86,5	-7,97	-27,54
16484	0,00119	-86,5	-7,97	-20,47
35181	0,00116	-87,6	-7,97	-17,69
10156	0,00119	-88,8	-7,97	-36,13
35355	0,00118	-89,4	-7,97	-32,56
23801	0,00125	-89,4	-7,97	-15,48
35354	0,00116	-89,6	-7,97	-42,06
135	0,00114	-90,0	-7,97	-19,00
137	0,00117	-90,0	-7,97	-29,00
5285	0,00111	-90,5	-7,97	-48,00
34404	0,00126	-91,8	-7,97	-16,78
35505	0,00109	-92,1	-7,97	-33,69
35468	0,00107	-92,4	-7,96	-37,31
35464	0,00109	-92,8	-7,96	-30,13
34549	0,00104	-93,3	-7,96	-43,25
16481	0,00111	-93,5	-7,96	-20,47
16482	0,00105	-93,5	-7,96	-27,54
7364	0,00161	-93,6	-7,96	-14,57
34405	0,00114	-94,3	-7,96	-19,28
136	0,000991	-95,0	-7,96	-24,00
35347	0,00106	-95,3	-7,96	-27,63
10152	0,00108	-95,5	-7,96	-31,25
35346	0,00106	-95,8	-7,96	-34,88
9923	0,00105	-96,0	-7,96	-38,50
21678	0,00105	-96,3	-7,96	-48,00
23804	0,00219	-97,7	-7,96	-13,66
35638	0,00119	-98,0	-7,96	-25,81
34773	0,00192	-98,1	-7,96	-16,01
35924	0,00122	-98,3	-7,96	-29,44
34738	0,00157	-98,8	-7,96	-20,73
34576	0,00121	-99,0	-7,96	-43,25
10221	0,00157	-101,0	-7,96	-27,63
35465	0,00153	-101,3	-7,96	-31,25
34607	0,00152	-101,5	-7,96	-34,88
35923	0,00192	-101,8	-7,96	-22,55
7372	0,00295	-101,9	-7,96	-12,75
5082	0,00152	-102,0	-7,96	-48,00
35832	0,00272	-102,3	-7,96	-15,10
9992	0,00252	-102,6	-7,96	-17,46
35637	0,002	-104,0	-7,96	-29,44
34608	0,00192	-104,5	-7,96	-39,63
36301	0,00237	-104,8	-7,96	-24,36
36256	0,00292	-105,6	-7,96	-19,28

36461	0,0243	-896,3	-7,66	-24,02
36552	0,0248	-896,3	-7,66	-36,01
4619	0,0189	-915,0	-7,65	-0,03
5000	0,0191	-915,0	-7,65	-48,00
10284	0,019	-915,0	-7,65	-24,02
36364	0,0192	-915,0	-7,65	-36,01
36365	0,019	-915,0	-7,65	-12,02
34981	0,0163	-923,8	-7,65	-39,00
35030	0,0168	-923,8	-7,65	-15,02
36462	0,0165	-923,8	-7,65	-27,01
21683	0,0161	-924,4	-7,65	-48,00
10044	0,0137	-932,5	-7,65	-30,01
34481	0,0151	-932,5	-7,65	-6,02
36657	0,0132	-933,1	-7,65	-39,00
5288	0,0129	-933,8	-7,65	-48,00
20922	0,0153	-933,8	-7,65	-0,03
34980	0,0117	-941,3	-7,64	-21,01
35173	0,011	-941,3	-7,64	-30,01
36728	0,0104	-941,9	-7,64	-39,00
21684	0,0098	-943,1	-7,64	-48,00
9916	0,0106	-950,0	-7,64	-12,02
10108	0,00834	-950,0	-7,64	-30,01
35243	0,00931	-950,0	-7,64	-21,01
34542	0,0113	-951,3	-7,64	-6,02
35242	0,00737	-951,3	-7,64	-39,00
4692	0,012	-952,5	-7,64	-0,03
5097	0,00679	-952,5	-7,64	-48,00
36475	0,00647	-955,0	-7,64	-34,50
36379	0,00569	-956,3	-7,64	-43,50
34581	0,00802	-958,8	-7,64	-15,01
35174	0,00578	-958,8	-7,64	-30,00
35252	0,00651	-958,8	-7,64	-24,01
10291	0,00477	-960,0	-7,64	-39,00
34586	0,00898	-960,0	-7,64	-9,02
20957	0,0107	-961,9	-7,63	-0,03
21335	0,00402	-961,9	-7,63	-48,00
36378	0,00403	-963,8	-7,63	-34,50
36474	0,00312	-965,6	-7,63	-43,50
9929	0,00349	-967,5	-7,63	-30,00
9933	0,00535	-967,5	-7,63	-18,01
34593	0,00426	-967,5	-7,63	-24,01
34804	0,00246	-969,4	-7,63	-39,00
34930	0,00723	-969,4	-7,63	-9,02
36610	0,00414	-970,3	-7,63	-20,88
36674	0,00321	-970,3	-7,63	-26,88
4733	0,00952	-971,3	-7,63	-0,03
5114	0,00194	-971,3	-7,63	-48,00
10332	0,00305	-973,1	-7,63	-23,76
34633	0,00201	-973,1	-7,63	-34,50
34641	0,00407	-973,1	-7,63	-18,26
34643	0,00234	-973,1	-7,63	-29,75
34682	0,00528	-973,1	-7,63	-13,52
34753	0,00149	-975,0	-7,63	-43,50
34851	0,00773	-975,0	-7,63	-4,53
36611	0,00215	-975,9	-7,63	-26,63
36675	0,00294	-975,9	-7,63	-21,13
9956	0,00129	-978,8	-7,63	-39,00
9963	0,00294	-978,8	-7,63	-18,51
9965	0,00155	-978,8	-7,63	-29,50
9975	0,00575	-978,8	-7,63	-9,02

23803	0,0038	-106,1	-7,96	-11,84
34739	0,0036	-106,4	-7,96	-14,19
9940	0,00252	-107,0	-7,96	-31,25
36160	0,0029	-107,8	-7,96	-26,17
10268	0,0034	-108,6	-7,96	-21,09
35921	0,00273	-109,0	-7,96	-43,81
36161	0,00403	-109,4	-7,96	-16,01
7369	0,00471	-110,2	-7,96	-10,93
35636	0,00337	-111,5	-7,96	-35,44
36595	0,00401	-112,5	-7,96	-25,27
36535	0,00453	-113,4	-7,96	-20,19
21327	0,00369	-113,5	-7,96	-48,00
36437	0,00514	-114,2	-7,96	-15,11
10220	0,00434	-116,0	-7,96	-39,63
35044	0,00474	-116,5	-7,96	-29,45
10320	0,0057	-118,1	-7,96	-19,28
23798	0,00664	-118,6	-7,96	-9,11
35635	0,00539	-120,5	-7,95	-43,81
35922	0,00571	-121,0	-7,95	-33,63
36438	0,0064	-122,0	-7,95	-23,46
36534	0,00718	-122,5	-7,95	-13,29
5110	0,00655	-125,0	-7,95	-48,00
34960	0,00679	-125,5	-7,95	-37,82
10034	0,00721	-125,9	-7,95	-27,64
34961	0,00784	-126,4	-7,95	-17,46
7366	0,00862	-126,9	-7,95	-7,29
35658	0,00973	-134,5	-7,95	-20,73
35947	0,0103	-135,0	-7,95	-10,56
21328	0,00977	-136,5	-7,95	-48,00
35017	0,00998	-137,0	-7,95	-37,82
10231	0,0121	-143,1	-7,95	-13,82
23795	0,0126	-143,5	-7,95	-3,65
35946	0,0125	-145,5	-7,94	-30,91
4990	0,0132	-148,0	-7,94	-48,00
35659	0,0144	-151,6	-7,94	-6,91
21681	0,0167	-159,5	-7,94	-48,00
35962	0,0165	-160,1	-7,94	-18,91
59	0,0163	-160,2	-7,94	-0,01
35228	0,0175	-162,5	-7,94	-36,00
35156	0,0186	-168,6	-7,94	-12,00
5287	0,0203	-171,0	-7,94	-48,00
21299	0,0188	-172,0	-7,93	-0,01
36454	0,021	-174,0	-7,93	-36,00
10099	0,0214	-177,1	-7,93	-24,00
36656	0,0215	-180,5	-7,93	-12,00
21682	0,0237	-182,5	-7,93	-48,00
4904	0,0211	-183,9	-7,93	-0,01
35155	0,0244	-185,5	-7,93	-36,00
36637	0,0246	-188,8	-7,93	-24,00
36736	0,0242	-192,2	-7,93	-12,01
5101	0,027	-194,0	-7,93	-48,00
21298	0,0232	-195,8	-7,93	-0,01
36698	0,0276	-197,2	-7,93	-36,00
10345	0,0276	-200,5	-7,92	-24,00
36697	0,0267	-204,1	-7,92	-12,01
21679	0,03	-205,5	-7,92	-48,00
4714	0,0249	-207,7	-7,92	-0,01
36735	0,0304	-208,7	-7,92	-36,00
36636	0,0302	-212,1	-7,92	-24,00
35153	0,0289	-215,7	-7,92	-12,01

34653	0,00137	-978,8	-7,63	-34,25
34668	0,00201	-978,8	-7,63	-24,00
34705	0,00422	-978,8	-7,63	-13,76
20956	0,0087	-980,6	-7,63	-0,03
21336	0,00122	-980,6	-7,63	-48,00
36415	0,00125	-981,6	-7,63	-31,75
36513	0,0012	-981,6	-7,63	-36,50
36620	0,00305	-981,6	-7,63	-16,26
36683	0,00454	-981,6	-7,63	-11,52
34660	0,00191	-981,9	-7,63	-21,25
34662	0,00141	-981,9	-7,63	-26,75
10309	0,00115	-984,4	-7,63	-34,00
10337	0,00335	-984,4	-7,63	-14,01
34634	0,00124	-984,4	-7,63	-43,50
34683	0,00689	-984,4	-7,63	-4,53
34758	0,00508	-984,4	-7,63	-9,27
34759	0,00119	-984,4	-7,63	-38,75
36560	0,0012	-984,7	-7,63	-29,00
36671	0,00191	-984,7	-7,63	-19,01
124	0,00133	-985,0	-7,63	-24,00
16470	0,00136	-986,5	-7,63	-20,47
16472	0,0011	-986,5	-7,63	-27,54
36416	0,00114	-987,2	-7,62	-36,25
36514	0,00108	-987,2	-7,62	-31,50
36619	0,00392	-987,2	-7,62	-11,76
36716	0,00224	-987,2	-7,62	-16,51
123	0,00137	-990,0	-7,62	-19,00
125	0,000913	-990,0	-7,62	-29,00
4572	0,00833	-990,0	-7,62	-0,03
4953	0,00126	-990,0	-7,62	-48,00
9980	0,00467	-990,0	-7,62	-9,52
9981	0,00114	-990,0	-7,62	-38,50
34714	0,00654	-990,0	-7,62	-4,78
34715	0,00289	-990,0	-7,62	-14,26
34716	0,00122	-990,0	-7,62	-43,25
34717	0,00103	-990,0	-7,62	-33,75
36414	0,00383	-992,8	-7,62	-11,76
36421	0,001	-992,8	-7,62	-36,25
36512	0,00208	-992,8	-7,62	-16,51
36519	0,000878	-992,8	-7,62	-31,50
16469	0,00117	-993,5	-7,62	-20,47
16471	0,000833	-993,5	-7,62	-27,54
126	0,000917	-995,0	-7,62	-24,00
36558	0,0016	-995,3	-7,62	-19,01
36559	0,000751	-995,3	-7,62	-29,00
10308	0,00316	-995,6	-7,62	-14,01
10312	0,000812	-995,6	-7,62	-34,00
34632	0,0067	-995,6	-7,62	-4,53
34685	0,000986	-995,6	-7,62	-43,50
34757	0,00491	-995,6	-7,62	-9,27
34760	0,00091	-995,6	-7,62	-38,75
34659	0,00141	-998,1	-7,62	-21,25
34661	0,000799	-998,1	-7,62	-26,75
36413	0,00271	-998,4	-7,62	-16,26
36422	0,000636	-998,4	-7,62	-31,75
36511	0,00427	-998,4	-7,62	-11,52
36518	0,000675	-998,4	-7,62	-36,50
20945	0,00845	-999,4	-7,62	-0,03
21329	0,00071	-999,4	-7,62	-48,00
9955	0,00544	-1001,3	-7,62	-9,02

5286	0,0325	-217,0	-7,92	-48,00
21297	0,0263	-219,5	-7,92	-0,01
36189	0,0328	-220,4	-7,92	-36,00
10098	0,0323	-223,8	-7,92	-24,00
36655	0,0307	-227,6	-7,91	-12,01
21680	0,0342	-228,5	-7,91	-48,00
4903	0,0274	-231,4	-7,91	-0,01
35154	0,0341	-231,9	-7,91	-36,00
36200	0,0334	-235,7	-7,91	-24,00
36734	0,0314	-239,5	-7,91	-12,01
4915	0,0347	-240,0	-7,91	-48,00
21296	0,0275	-243,3	-7,91	-0,01
36100	0,0343	-243,8	-7,91	-36,00
10239	0,0331	-247,6	-7,91	-24,00
36099	0,0307	-251,4	-7,90	-12,01
4616	0,0266	-255,1	-7,90	-0,01
21311	0,0331	-258,8	-7,90	-48,00
36263	0,0321	-262,5	-7,90	-36,00
36168	0,0304	-266,3	-7,90	-24,00
21293	0,0253	-267,0	-7,90	-0,01
34623	0,0278	-270,1	-7,90	-12,01
5102	0,0291	-277,5	-7,89	-48,00
4901	0,0237	-278,9	-7,89	-0,01
34696	0,0278	-281,3	-7,89	-36,00
36653	0,0254	-282,0	-7,89	-12,01
9950	0,026	-285,1	-7,89	-24,00
21292	0,0219	-290,7	-7,89	-0,01
34648	0,0226	-293,8	-7,89	-12,01
21312	0,0237	-296,3	-7,89	-48,00
36435	0,0227	-296,9	-7,89	-24,01
34624	0,0223	-300,0	-7,89	-36,00
4711	0,0198	-302,6	-7,89	-0,01
36533	0,0198	-305,7	-7,88	-12,01
10319	0,0194	-308,8	-7,88	-24,01
36532	0,0187	-311,9	-7,88	-36,00
21285	0,0177	-314,5	-7,88	-0,01
4966	0,0177	-315,0	-7,88	-48,00
36574	0,017	-317,6	-7,88	-12,01
36436	0,0161	-320,7	-7,88	-24,01
34810	0,015	-323,8	-7,88	-36,00
4897	0,0155	-326,4	-7,88	-0,01
36188	0,0143	-329,5	-7,87	-12,01
9998	0,0128	-332,5	-7,87	-24,01
21309	0,0118	-333,8	-7,87	-48,00
21284	0,0134	-338,2	-7,87	-0,01
34811	0,0115	-341,3	-7,87	-12,01
34857	0,0102	-341,9	-7,87	-24,01
34856	0,00931	-342,5	-7,87	-36,00
4529	0,0115	-350,1	-7,87	-0,01
34827	0,00951	-350,7	-7,87	-12,01
10008	0,00776	-351,3	-7,87	-24,01
34826	0,00663	-351,9	-7,87	-36,00
5096	0,00609	-352,5	-7,87	-48,00
36530	0,00919	-355,4	-7,87	-8,38
36433	0,00707	-356,0	-7,86	-20,38
34872	0,00539	-359,4	-7,86	-27,00
34582	0,00431	-360,0	-7,86	-39,00
34482	0,00912	-360,1	-7,86	-4,76
10318	0,00661	-360,7	-7,86	-16,76
21333	0,00365	-361,9	-7,86	-48,00

9962	0,00246	-1001,3	-7,62	-18,51
9964	0,000791	-1001,3	-7,62	-29,50
9976	0,000498	-1001,3	-7,62	-39,00
34652	0,00384	-1001,3	-7,62	-13,76
34669	0,00137	-1001,3	-7,62	-24,00
34706	0,000553	-1001,3	-7,62	-34,25
36175	0,00143	-1004,1	-7,62	-26,63
36269	0,00235	-1004,1	-7,62	-21,13
34694	0,00732	-1005,0	-7,62	-4,53
34750	0,00045	-1005,0	-7,62	-43,50
10274	0,00236	-1006,9	-7,62	-23,76
34631	0,00479	-1006,9	-7,62	-13,52
34640	0,00351	-1006,9	-7,62	-18,26
34642	0,00153	-1006,9	-7,62	-29,75
34684	0,00111	-1006,9	-7,62	-34,50
4727	0,00903	-1008,8	-7,62	-0,03
5111	0,000937	-1008,8	-7,62	-48,00
36174	0,00347	-1009,7	-7,62	-20,88
36270	0,00245	-1009,7	-7,62	-26,88
34711	0,00666	-1010,6	-7,62	-9,02
34807	0,00153	-1010,6	-7,62	-39,00
9928	0,00466	-1012,5	-7,62	-18,01
9934	0,00266	-1012,5	-7,62	-30,00
34592	0,00351	-1012,5	-7,62	-24,01
20944	0,00992	-1018,1	-7,61	-0,03
21330	0,00303	-1018,1	-7,61	-48,00
34587	0,00375	-1020,0	-7,61	-39,00
36741	0,00814	-1020,0	-7,61	-9,02
34579	0,00712	-1021,3	-7,61	-15,01
35172	0,00478	-1021,3	-7,61	-30,00
35251	0,00555	-1021,3	-7,61	-24,01
4710	0,011	-1027,5	-7,61	-0,03
5091	0,00555	-1027,5	-7,61	-48,00
34599	0,0102	-1028,8	-7,61	-6,03
35241	0,00615	-1028,8	-7,61	-39,00
9914	0,00944	-1030,0	-7,61	-12,02
10107	0,0071	-1030,0	-7,61	-30,01
35240	0,00812	-1030,0	-7,61	-21,01
35027	0,0087	-1037,5	-7,61	-39,01
36662	0,0121	-1037,5	-7,61	-3,03
34976	0,0103	-1038,8	-7,61	-21,01
35171	0,00954	-1038,8	-7,61	-30,01
36600	0,0116	-1038,8	-7,61	-9,02
20923	0,0138	-1046,3	-7,60	-0,03
21306	0,0112	-1046,3	-7,60	-48,00
10042	0,0121	-1047,5	-7,60	-30,01
10327	0,0136	-1047,5	-7,60	-6,03
36663	0,0127	-1047,5	-7,60	-18,02
34977	0,0144	-1056,3	-7,60	-39,01
36460	0,0147	-1056,3	-7,60	-27,01
36601	0,0153	-1056,3	-7,60	-3,03
36727	0,015	-1056,3	-7,60	-15,02
4614	0,0169	-1065,0	-7,60	-0,04
5001	0,0172	-1065,0	-7,60	-48,00
10283	0,0171	-1065,0	-7,60	-24,02
36362	0,0171	-1065,0	-7,60	-12,03
36363	0,0172	-1065,0	-7,60	-36,01
36604	0,0201	-1074,4	-7,59	-42,01
36667	0,0199	-1074,4	-7,59	-30,01
10329	0,0228	-1083,8	-7,59	-36,01

20927	0,00985	-362,0	-7,86	-0,01
36594	0,00477	-364,1	-7,86	-23,38
36531	0,00547	-364,7	-7,86	-18,26
36434	0,00639	-365,4	-7,86	-13,13
9935	0,00323	-367,5	-7,86	-30,00
36157	0,00369	-368,1	-7,86	-24,88
10267	0,00437	-368,8	-7,86	-19,75
34805	0,00235	-369,4	-7,86	-39,00
36158	0,00529	-369,4	-7,86	-14,63
9919	0,00646	-370,0	-7,86	-9,51
5113	0,00193	-371,3	-7,86	-48,00
34617	0,00748	-371,9	-7,86	-4,76
34635	0,00225	-373,1	-7,86	-29,75
34676	0,00197	-373,1	-7,86	-34,50
36264	0,00266	-373,8	-7,86	-24,63
4717	0,00857	-373,8	-7,86	-0,01
36265	0,00316	-374,1	-7,86	-20,82
36169	0,00387	-374,4	-7,86	-17,00
34752	0,00156	-375,0	-7,86	-43,50
34625	0,00506	-375,0	-7,86	-11,88
36357	0,00621	-376,9	-7,86	-7,13
9957	0,00162	-378,8	-7,86	-29,50
9972	0,00141	-378,8	-7,86	-39,00
34702	0,00147	-378,8	-7,86	-34,25
36171	0,00182	-379,1	-7,86	-25,69
10272	0,00216	-379,4	-7,86	-21,88
36170	0,0028	-379,7	-7,86	-18,07
21287	0,00814	-379,8	-7,86	-0,01
9951	0,00367	-380,0	-7,86	-14,25
21334	0,00136	-380,6	-7,86	-48,00
36181	0,00138	-381,6	-7,86	-31,75
36276	0,00134	-381,6	-7,86	-36,50
34654	0,0015	-381,9	-7,85	-26,75
36266	0,00169	-382,2	-7,85	-22,94
36755	0,0022	-382,2	-7,85	-19,25
36742	0,00304	-382,5	-7,85	-15,44
35933	0,00564	-382,9	-7,85	-7,13
36613	0,00362	-383,5	-7,85	-13,07
10277	0,00128	-384,4	-7,85	-34,00
34677	0,00136	-384,4	-7,85	-43,50
34763	0,00132	-384,4	-7,85	-38,75
36295	0,00133	-384,7	-7,85	-29,00
132	0,00147	-385,0	-7,85	-24,00
10353	0,00239	-385,0	-7,85	-16,63
36749	0,0017	-385,0	-7,85	-20,32
4898	0,00788	-385,7	-7,85	-0,01
36750	0,00302	-386,0	-7,85	-14,25
36677	0,00584	-386,3	-7,85	-5,95
16478	0,00159	-386,5	-7,85	-20,47
16480	0,00126	-386,5	-7,85	-27,54
10333	0,00373	-386,9	-7,85	-11,88
36180	0,00126	-387,2	-7,85	-36,25
36275	0,00121	-387,2	-7,85	-31,50
36743	0,00177	-387,5	-7,85	-17,82
36676	0,00248	-388,5	-7,85	-15,44
35647	0,00618	-389,7	-7,85	-4,76
131	0,0015	-390,0	-7,85	-19,00
134	0,00109	-390,0	-7,85	-29,00
4955	0,00133	-390,0	-7,85	-48,00
9983	0,00123	-390,0	-7,85	-38,50

20932	0,0201	-1083,8	-7,59	-0,04
21315	0,023	-1083,8	-7,59	-48,00
36459	0,0223	-1083,8	-7,59	-24,02
36553	0,0213	-1083,8	-7,59	-12,03
36605	0,0252	-1093,1	-7,58	-30,01
36666	0,0257	-1093,1	-7,58	-42,01
4720	0,0229	-1102,5	-7,58	-0,04
5104	0,0284	-1102,5	-7,58	-48,00
9944	0,027	-1102,5	-7,58	-24,02
34689	0,0254	-1102,5	-7,58	-12,03
34698	0,028	-1102,5	-7,58	-36,01
36606	0,0298	-1111,9	-7,58	-30,01
36668	0,0305	-1111,9	-7,58	-42,01
10330	0,032	-1121,3	-7,57	-36,01
20931	0,0251	-1121,3	-7,57	-0,04
21316	0,0324	-1121,3	-7,57	-48,00
34612	0,0287	-1121,3	-7,57	-12,03
36455	0,0309	-1121,3	-7,57	-24,02
36607	0,0334	-1130,6	-7,57	-42,01
36669	0,0328	-1130,6	-7,57	-30,01
4531	0,0263	-1140,0	-7,57	-0,04
4912	0,034	-1140,0	-7,57	-48,00
10281	0,0326	-1140,0	-7,57	-24,02
36358	0,0304	-1140,0	-7,57	-12,03
36359	0,0337	-1140,0	-7,57	-36,01
21469	0,033	-1155,1	-7,56	-48,00
34626	0,0295	-1155,1	-7,56	-12,03
34649	0,0327	-1155,1	-7,56	-36,01
36456	0,0317	-1155,1	-7,56	-24,02
20951	0,0253	-1158,0	-7,56	-0,04
5181	0,0303	-1170,2	-7,56	-48,00
9952	0,0288	-1170,2	-7,56	-24,02
34852	0,0299	-1170,2	-7,56	-36,01
34748	0,0264	-1173,1	-7,55	-12,03
4730	0,0232	-1176,0	-7,55	-0,04
36184	0,0259	-1183,0	-7,55	-24,02
36294	0,0267	-1183,0	-7,55	-36,01
21470	0,0263	-1185,3	-7,55	-48,00
36296	0,0237	-1185,8	-7,55	-12,03
20950	0,0206	-1193,9	-7,55	-0,04
10279	0,0225	-1195,7	-7,55	-24,02
36278	0,0224	-1198,0	-7,54	-36,01
5023	0,0219	-1200,4	-7,54	-48,00
36279	0,0198	-1203,8	-7,54	-12,03
36185	0,0191	-1208,5	-7,54	-24,02
35938	0,0186	-1210,8	-7,54	-36,01
4621	0,0176	-1211,9	-7,54	-0,04
21325	0,0172	-1215,5	-7,54	-48,00
35651	0,0169	-1216,6	-7,54	-12,03
10227	0,0156	-1221,2	-7,54	-24,02
35650	0,0141	-1225,9	-7,53	-36,01
36644	0,0132	-1229,8	-7,53	-26,11
20925	0,0146	-1229,9	-7,53	-0,04
5109	0,0125	-1230,6	-7,53	-48,00
36707	0,0114	-1234,4	-7,53	-38,10
35966	0,0129	-1234,5	-7,53	-12,03
35937	0,012	-1235,6	-7,53	-20,39
10349	0,0107	-1238,3	-7,53	-28,20
36201	0,00883	-1243,0	-7,53	-40,19
36708	0,00967	-1244,2	-7,53	-22,48

34720	0,0013	-390,0	-7,85	-43,25
34721	0,00113	-390,0	-7,85	-33,75
36612	0,00402	-390,3	-7,85	-10,69
36721	0,00279	-390,7	-7,85	-14,32
21286	0,00783	-391,6	-7,85	-0,01
35484	0,0017	-392,2	-7,85	-17,88
36395	0,00107	-392,8	-7,85	-36,25
36491	0,000953	-392,8	-7,85	-31,50
16477	0,00125	-393,5	-7,85	-20,47
16479	0,000982	-393,5	-7,85	-27,54
9969	0,0045	-393,8	-7,85	-9,51
35372	0,00324	-394,1	-7,85	-13,13
10165	0,00209	-394,4	-7,85	-16,75
35371	0,00131	-394,7	-7,85	-20,38
133	0,00101	-395,0	-7,85	-24,00
36554	0,000868	-395,3	-7,85	-29,00
10299	0,000883	-395,6	-7,85	-34,00
34741	0,00103	-395,6	-7,85	-43,50
34802	0,000972	-395,6	-7,85	-38,75
34672	0,00628	-395,7	-7,85	-4,76
36393	0,00398	-397,2	-7,85	-11,63
36489	0,00281	-397,5	-7,85	-15,26
4625	0,00799	-397,6	-7,85	-0,01
35928	0,00187	-397,8	-7,85	-18,88
34622	0,000875	-398,1	-7,85	-26,75
35641	0,00123	-398,1	-7,85	-22,50
36396	0,000756	-398,4	-7,85	-31,75
36492	0,000752	-398,4	-7,85	-36,50
36590	0,00574	-399,1	-7,85	-6,88
21471	0,000757	-399,4	-7,85	-48,00
10298	0,00363	-400,7	-7,85	-13,76
36587	0,00265	-401,0	-7,85	-17,38
9948	0,000899	-401,3	-7,85	-29,50
9993	0,000608	-401,3	-7,85	-39,00
34774	0,000679	-401,3	-7,85	-34,25
35927	0,00123	-401,3	-7,85	-25,25
10223	0,00184	-401,3	-7,85	-21,00
21301	0,00831	-403,5	-7,85	-0,01
36638	0,00193	-404,1	-7,85	-23,25
36701	0,00137	-404,1	-7,85	-27,50
36394	0,00354	-404,1	-7,85	-15,88
35642	0,0027	-404,4	-7,85	-19,50
34853	0,000607	-405,0	-7,85	-43,50
36490	0,00631	-405,0	-7,85	-6,88
10346	0,00211	-406,9	-7,85	-25,50
34620	0,0016	-406,9	-7,85	-29,75
34740	0,00121	-406,9	-7,85	-34,50
36702	0,00279	-407,2	-7,85	-21,75
9945	0,00361	-407,5	-7,85	-18,01
35950	0,00612	-408,5	-7,84	-9,01
5182	0,00106	-408,8	-7,84	-48,00
4905	0,00881	-409,4	-7,84	-0,01
36639	0,00237	-409,7	-7,84	-27,75
34619	0,00298	-410,0	-7,84	-24,00
34931	0,00162	-410,6	-7,84	-39,00
9930	0,00271	-412,5	-7,84	-30,00
34613	0,00551	-413,8	-7,84	-15,01
36665	0,00224	-414,4	-7,84	-43,50
35568	0,00785	-414,7	-7,84	-6,01
21300	0,00942	-415,4	-7,84	-0,01

21326	0,0079	-1245,7	-7,53	-48,00
36645	0,00825	-1246,8	-7,53	-30,29
4715	0,0118	-1247,9	-7,53	-0,04
34603	0,0104	-1248,9	-7,53	-8,40
9917	0,00896	-1250,0	-7,53	-16,76
36101	0,00727	-1252,7	-7,52	-24,57
10240	0,00578	-1255,4	-7,52	-32,38
20959	0,0106	-1256,9	-7,52	-0,04
35052	0,00881	-1257,9	-7,52	-8,40
36102	0,00461	-1258,1	-7,52	-40,19
34598	0,0067	-1258,8	-7,52	-18,57
4970	0,00375	-1260,8	-7,52	-48,00
36282	0,0049	-1261,4	-7,52	-26,38
36255	0,00348	-1264,1	-7,52	-34,19
4734	0,00964	-1265,8	-7,52	-0,04
34992	0,00693	-1266,7	-7,52	-10,21
34597	0,00251	-1266,8	-7,52	-42,00
9938	0,00446	-1267,5	-7,52	-20,38
21667	0,00216	-1268,3	-7,52	-48,00
34601	0,00277	-1270,2	-7,52	-28,19
34993	0,00772	-1270,7	-7,52	-5,13
34972	0,00481	-1271,6	-7,52	-15,30
34844	0,00342	-1271,9	-7,52	-21,29
9937	0,00173	-1272,9	-7,52	-36,00
35398	0,00139	-1274,4	-7,52	-42,00
34884	0,00193	-1274,6	-7,52	-29,10
20958	0,00885	-1274,8	-7,52	-0,04
10040	0,00557	-1275,7	-7,52	-10,21
5280	0,00126	-1275,8	-7,52	-48,00
35053	0,0038	-1276,0	-7,52	-16,20
10017	0,00249	-1276,3	-7,52	-22,19
34842	0,00134	-1277,2	-7,51	-34,25
36758	0,00119	-1278,0	-7,51	-39,63
34928	0,00155	-1278,8	-7,51	-27,35
36744	0,00116	-1279,5	-7,51	-45,63
34973	0,00684	-1279,7	-7,51	-5,13
35024	0,00471	-1280,0	-7,51	-11,12
36577	0,00374	-1280,2	-7,51	-14,11
36482	0,0022	-1280,5	-7,51	-20,10
34845	0,00169	-1280,6	-7,51	-23,10
10016	0,00117	-1281,4	-7,51	-32,50
36752	0,00115	-1282,3	-7,51	-37,88
10354	0,00118	-1283,2	-7,51	-43,25
34883	0,0012	-1283,2	-7,51	-28,25
21668	0,00119	-1283,4	-7,51	-48,00
4573	0,0084	-1283,8	-7,51	-0,04
34609	0,00621	-1284,1	-7,51	-6,03
9941	0,00396	-1284,4	-7,51	-12,02
36387	0,00295	-1284,6	-7,51	-15,02
10295	0,00204	-1284,7	-7,51	-18,01
36386	0,00151	-1284,9	-7,51	-21,01
120	0,00127	-1285,0	-7,51	-24,00
34843	0,00105	-1285,7	-7,51	-30,75
34876	0,0011	-1286,0	-7,51	-35,50
16465	0,00143	-1286,5	-7,51	-20,47
16467	0,00106	-1286,5	-7,51	-27,54
36745	0,00117	-1286,8	-7,51	-40,88
36392	0,00708	-1286,9	-7,51	-3,47
36751	0,00121	-1287,0	-7,51	-45,63
34618	0,00255	-1287,2	-7,51	-15,51

36603	0,00317	-416,3	-7,84	-34,50
34594	0,00485	-416,3	-7,84	-21,01
21472	0,00309	-418,1	-7,84	-48,00
36622	0,00431	-418,5	-7,84	-28,50
10328	0,00383	-420,0	-7,84	-39,00
9921	0,00741	-420,0	-7,84	-12,01
34692	0,00879	-420,7	-7,84	-6,01
4725	0,0101	-421,3	-7,84	-0,01
36664	0,00484	-422,2	-7,84	-33,00
36685	0,00648	-422,2	-7,84	-19,51
36602	0,00467	-423,8	-7,84	-43,50
10338	0,006	-424,4	-7,84	-27,00
36739	0,00555	-426,0	-7,84	-37,50
5095	0,00569	-427,5	-7,84	-48,00
34870	0,00813	-428,2	-7,84	-18,01
36621	0,00774	-430,3	-7,84	-25,51
34825	0,00735	-431,9	-7,84	-36,00
34483	0,0109	-432,5	-7,84	-6,01
20941	0,0119	-433,2	-7,84	-0,01
10007	0,0095	-436,3	-7,83	-24,01
34824	0,0118	-440,7	-7,83	-12,01
4615	0,0138	-445,0	-7,83	-0,01
21308	0,0114	-446,3	-7,83	-48,00
34924	0,013	-450,6	-7,83	-36,00
34871	0,0141	-451,9	-7,83	-18,01
34479	0,0156	-456,3	-7,83	-6,01
21289	0,0159	-456,9	-7,83	-0,02
5004	0,0174	-465,0	-7,82	-48,00
34448	0,0178	-466,3	-7,82	-30,01
9886	0,018	-467,5	-7,82	-12,01
36453	0,0181	-468,1	-7,82	-6,01
4899	0,0181	-468,8	-7,82	-0,02
36272	0,0205	-475,0	-7,82	-39,00
36177	0,0205	-476,3	-7,82	-21,01
34602	0,0205	-480,0	-7,82	-6,01
21288	0,0202	-480,7	-7,82	-0,02
21319	0,0233	-483,8	-7,82	-48,00
10275	0,0232	-485,0	-7,82	-30,01
36271	0,0232	-488,8	-7,81	-15,01
4713	0,0222	-492,5	-7,81	-0,02
36176	0,0261	-493,8	-7,81	-39,00
5106	0,0286	-502,5	-7,81	-48,00
36297	0,0278	-503,1	-7,81	-27,01
21295	0,024	-504,4	-7,81	-0,02
35035	0,0268	-506,9	-7,81	-12,01
34987	0,0306	-511,9	-7,81	-36,00
4902	0,0255	-516,3	-7,80	-0,02
36654	0,029	-518,8	-7,80	-12,01
10047	0,0314	-521,3	-7,80	-24,01
21320	0,0327	-521,3	-7,80	-48,00
21294	0,0267	-528,1	-7,80	-0,02
34986	0,0307	-530,6	-7,80	-12,01
35036	0,0336	-530,6	-7,80	-36,00
35377	0,033	-535,3	-7,80	-24,01
4534	0,0274	-540,0	-7,79	-0,02
4914	0,0343	-540,0	-7,79	-48,00
35488	0,0339	-544,7	-7,79	-36,01
35489	0,031	-544,7	-7,79	-12,01
10168	0,0326	-549,4	-7,79	-24,01
20936	0,0263	-558,8	-7,79	-0,02

36485	0,00477	-1287,2	-7,51	-9,46
36481	0,00157	-1287,4	-7,51	-18,51
10297	0,00573	-1289,9	-7,51	-6,91
119	0,0014	-1290,0	-7,51	-19,00
122	0,00085	-1290,0	-7,51	-29,00
34646	0,00336	-1290,2	-7,51	-12,90
34831	0,000959	-1290,2	-7,51	-33,75
10010	0,00107	-1290,5	-7,51	-38,50
34830	0,00112	-1290,7	-7,51	-43,25
5093	0,00114	-1290,9	-7,51	-48,00
20943	0,00838	-1292,8	-7,51	-0,04
34664	0,00212	-1293,0	-7,51	-16,38
36391	0,00442	-1293,0	-7,51	-10,34
16466	0,00116	-1293,5	-7,51	-20,47
16468	0,000773	-1293,5	-7,51	-27,54
34875	0,000908	-1294,4	-7,51	-40,88
34743	0,000726	-1294,5	-7,51	-30,75
34548	0,000941	-1294,6	-7,51	-45,63
34918	0,000778	-1294,8	-7,51	-35,50
121	0,000866	-1295,0	-7,51	-24,00
34665	0,00165	-1295,5	-7,51	-18,88
36486	0,00722	-1295,9	-7,51	-3,47
9967	0,00334	-1296,0	-7,51	-13,77
34775	0,000668	-1297,0	-7,51	-28,25
9887	0,000615	-1298,3	-7,51	-43,25
21615	0,000619	-1298,5	-7,51	-48,00
34776	0,000525	-1298,6	-7,51	-37,88
34693	0,00614	-1298,9	-7,51	-6,91
9994	0,000545	-1299,0	-7,51	-32,50
35496	0,00113	-1299,2	-7,51	-24,00
35448	0,00223	-1299,7	-7,51	-18,89
35373	0,000951	-1301,2	-7,51	-28,25
4726	0,00881	-1301,8	-7,51	-0,04
34647	0,00381	-1301,9	-7,51	-14,64
34996	0,000342	-1302,1	-7,51	-45,63
34595	0,000502	-1303,2	-7,50	-39,63
10166	0,00184	-1303,4	-7,50	-24,01
34742	0,000797	-1303,5	-7,50	-34,25
34709	0,00651	-1304,7	-7,50	-7,78
35374	0,0031	-1305,5	-7,50	-19,76
35485	0,0015	-1305,7	-7,50	-30,00
5254	0,000738	-1306,0	-7,50	-48,00
35045	0,00101	-1307,0	-7,50	-42,00
9924	0,00461	-1307,7	-7,50	-15,51
9936	0,00147	-1308,1	-7,50	-36,00
35660	0,00264	-1308,3	-7,50	-25,51
35948	0,00389	-1310,5	-7,50	-21,26
35949	0,00242	-1310,7	-7,50	-31,51
20942	0,0096	-1310,8	-7,50	-0,04
10232	0,00359	-1313,3	-7,50	-27,01
21616	0,00233	-1313,6	-7,50	-48,00
34575	0,00787	-1313,7	-7,50	-7,78
34583	0,00268	-1314,6	-7,50	-42,00
35102	0,00358	-1317,2	-7,50	-37,51
36537	0,00696	-1318,4	-7,50	-15,27
4693	0,0107	-1319,8	-7,50	-0,04
5005	0,00435	-1321,1	-7,50	-48,00
36548	0,00654	-1321,2	-7,50	-21,02
36440	0,00981	-1324,4	-7,50	-7,54
35481	0,00678	-1325,8	-7,50	-28,51

21317	0,0328	-558,8	-7,79	-48,00
35378	0,0306	-563,4	-7,79	-24,01
35507	0,0317	-563,4	-7,79	-36,01
35509	0,0288	-563,4	-7,79	-12,01
4722	0,024	-577,5	-7,78	-0,02
5105	0,0289	-577,5	-7,78	-48,00
9942	0,0277	-577,5	-7,78	-24,01
34690	0,0262	-577,5	-7,78	-12,02
34699	0,0286	-577,5	-7,78	-36,01
36646	0,0263	-586,9	-7,78	-42,00
36710	0,0258	-586,9	-7,78	-30,01
10350	0,0235	-596,3	-7,77	-36,01
20935	0,0211	-596,3	-7,77	-0,02
21318	0,0236	-596,3	-7,77	-48,00
34610	0,0222	-596,3	-7,77	-12,02
36457	0,023	-596,3	-7,77	-24,01
36647	0,0206	-605,6	-7,77	-30,01
36709	0,0208	-605,6	-7,77	-42,00
4618	0,0178	-615,0	-7,77	-0,02
5002	0,0179	-615,0	-7,77	-48,00
10282	0,0179	-615,0	-7,77	-24,01
36360	0,0179	-615,0	-7,77	-36,01
36361	0,0179	-615,0	-7,77	-12,02
35152	0,0152	-623,8	-7,76	-39,00
35227	0,0158	-623,8	-7,76	-15,01
36458	0,0154	-623,8	-7,76	-27,01
21685	0,0149	-624,4	-7,76	-48,00
10097	0,0128	-632,5	-7,76	-30,01
34480	0,0143	-632,5	-7,76	-6,02
36658	0,0123	-633,1	-7,76	-39,00
5289	0,012	-633,8	-7,76	-48,00
20921	0,0145	-633,8	-7,76	-0,02
35151	0,011	-641,3	-7,76	-21,01
35381	0,0102	-641,3	-7,76	-30,00
36733	0,00958	-641,9	-7,76	-39,00
21686	0,00901	-643,1	-7,76	-48,00
9915	0,01	-650,0	-7,75	-12,01
10170	0,00776	-650,0	-7,75	-30,00
35493	0,00874	-650,0	-7,75	-21,01
34541	0,0108	-651,3	-7,75	-6,02
35492	0,00678	-651,3	-7,75	-39,00
4691	0,0116	-652,5	-7,75	-0,02
5098	0,00619	-652,5	-7,75	-48,00
36473	0,006	-655,0	-7,75	-34,50
36377	0,0052	-656,3	-7,75	-43,50
34580	0,00766	-658,8	-7,75	-15,01
35382	0,0054	-658,8	-7,75	-30,00
35506	0,00615	-658,8	-7,75	-24,01
10290	0,00438	-660,0	-7,75	-39,00
34584	0,00865	-660,0	-7,75	-9,01
20955	0,0104	-661,9	-7,75	-0,02
21337	0,00369	-661,9	-7,75	-48,00
36376	0,00375	-663,8	-7,75	-34,50
36472	0,00289	-665,6	-7,75	-43,50
9927	0,00332	-667,5	-7,75	-30,00
9931	0,00518	-667,5	-7,75	-18,01
34591	0,0041	-667,5	-7,75	-24,00
34803	0,00231	-669,4	-7,75	-39,00
34929	0,00709	-669,4	-7,75	-9,01
36608	0,00401	-670,3	-7,75	-20,88

21291	0,0119	-1328,8	-7,50	-0,04
10321	0,00948	-1329,1	-7,50	-15,03
35530	0,00717	-1329,7	-7,49	-39,01
36652	0,0115	-1333,4	-7,49	-7,54
36439	0,00968	-1333,7	-7,49	-22,52
21321	0,00906	-1336,2	-7,49	-48,00
4900	0,0133	-1337,7	-7,49	-0,04
36737	0,0117	-1338,0	-7,49	-15,03
10163	0,0104	-1338,3	-7,49	-30,01
35368	0,012	-1344,8	-7,49	-39,01
21290	0,0149	-1346,7	-7,49	-0,04
35480	0,0139	-1347,0	-7,49	-15,03
5107	0,0141	-1351,3	-7,49	-48,00
35511	0,0151	-1353,5	-7,49	-27,02
4620	0,0164	-1355,7	-7,48	-0,05
35419	0,0171	-1360,0	-7,48	-36,01
35282	0,0177	-1362,2	-7,48	-12,03
21322	0,0193	-1366,4	-7,48	-48,00
10120	0,0197	-1368,6	-7,48	-24,02
20949	0,0197	-1373,7	-7,48	-0,05
35283	0,022	-1375,1	-7,48	-36,01
35420	0,0221	-1380,1	-7,48	-12,03
4913	0,0243	-1381,5	-7,48	-48,00
35513	0,0249	-1386,6	-7,47	-24,02
4729	0,0228	-1391,7	-7,47	-0,05
34809	0,0277	-1393,0	-7,47	-36,01
21561	0,0292	-1396,6	-7,47	-48,00
34855	0,0263	-1398,1	-7,47	-12,04
9997	0,0299	-1404,6	-7,47	-24,02
34854	0,0321	-1408,1	-7,47	-36,01
20948	0,0255	-1409,7	-7,46	-0,05
5227	0,0334	-1411,7	-7,46	-48,00
34808	0,0302	-1416,1	-7,46	-12,04
36191	0,0334	-1419,7	-7,46	-24,02
36314	0,0353	-1423,2	-7,46	-36,01
21562	0,0363	-1426,8	-7,46	-48,00
4532	0,0275	-1427,6	-7,46	-0,05
36089	0,0326	-1431,2	-7,46	-12,04
10234	0,0354	-1434,8	-7,45	-24,02
36090	0,0369	-1438,3	-7,45	-36,01
5006	0,0373	-1441,9	-7,45	-48,00
20953	0,0283	-1445,6	-7,45	-0,05
36298	0,0328	-1449,2	-7,45	-12,04
36190	0,0351	-1452,7	-7,45	-24,02
34670	0,036	-1456,3	-7,45	-36,01
21609	0,0364	-1457,0	-7,45	-48,00
4731	0,027	-1463,6	-7,44	-0,05
34749	0,0305	-1467,1	-7,44	-12,04
9968	0,0322	-1470,7	-7,44	-24,03
34994	0,0334	-1471,4	-7,44	-36,01
5251	0,0337	-1472,1	-7,44	-48,00
20952	0,0251	-1481,6	-7,44	-0,05
36630	0,0296	-1482,0	-7,44	-24,03
36722	0,0306	-1482,7	-7,44	-36,01
34671	0,027	-1485,1	-7,44	-12,04
21610	0,0298	-1487,2	-7,44	-48,00
10342	0,0267	-1493,3	-7,43	-24,03
36692	0,0245	-1496,4	-7,43	-12,04
36691	0,0263	-1497,8	-7,43	-36,01
4624	0,0222	-1499,5	-7,43	-0,05

36672	0,00309	-670,3	-7,75	-26,88
4732	0,00938	-671,3	-7,75	-0,02
5115	0,00185	-671,3	-7,75	-48,00
10331	0,00299	-673,1	-7,74	-23,75
34629	0,00192	-673,1	-7,74	-34,50
34637	0,00402	-673,1	-7,74	-18,26
34639	0,00226	-673,1	-7,74	-29,75
34678	0,00522	-673,1	-7,74	-13,51
34754	0,0015	-675,0	-7,74	-43,50
34850	0,00768	-675,0	-7,74	-4,52
36609	0,00216	-675,9	-7,74	-26,63
36673	0,00293	-675,9	-7,74	-21,13
9954	0,00138	-678,8	-7,74	-39,00
9959	0,003	-678,8	-7,74	-18,50
9961	0,0016	-678,8	-7,74	-29,50
9973	0,0058	-678,8	-7,74	-9,01
34651	0,00143	-678,8	-7,74	-34,25
34666	0,00206	-678,8	-7,74	-24,00
34703	0,00425	-678,8	-7,74	-13,76
20954	0,00872	-680,6	-7,74	-0,02
21338	0,00135	-680,6	-7,74	-48,00
36411	0,00136	-681,6	-7,74	-31,75
36509	0,00133	-681,6	-7,74	-36,50
36618	0,00315	-681,6	-7,74	-16,26
36682	0,00462	-681,6	-7,74	-11,51
34656	0,00202	-681,9	-7,74	-21,25
34658	0,0015	-681,9	-7,74	-26,75
10307	0,00128	-684,4	-7,74	-34,00
10336	0,0035	-684,4	-7,74	-14,01
34630	0,00138	-684,4	-7,74	-43,50
34679	0,00695	-684,4	-7,74	-4,52
34756	0,00518	-684,4	-7,74	-9,26
34761	0,00134	-684,4	-7,74	-38,75
36557	0,00128	-684,7	-7,74	-29,00
36670	0,00209	-684,7	-7,74	-19,01
128	0,00145	-685,0	-7,74	-24,00
16474	0,00154	-686,5	-7,74	-20,47
16476	0,00124	-686,5	-7,74	-27,54
36412	0,00129	-687,2	-7,74	-36,25
36510	0,00116	-687,2	-7,74	-31,50
36617	0,00407	-687,2	-7,74	-11,76
36715	0,00238	-687,2	-7,74	-16,51
127	0,00153	-690,0	-7,74	-19,00
129	0,00103	-690,0	-7,74	-29,00
4571	0,00852	-690,0	-7,74	-0,02
4954	0,00137	-690,0	-7,74	-48,00
9979	0,00483	-690,0	-7,74	-9,51
9982	0,00127	-690,0	-7,74	-38,50
34712	0,00671	-690,0	-7,74	-4,77
34713	0,00305	-690,0	-7,74	-14,26
34718	0,00134	-690,0	-7,74	-43,25
34719	0,00114	-690,0	-7,74	-33,75
36410	0,00399	-692,8	-7,74	-11,76
36419	0,00109	-692,8	-7,74	-36,25
36508	0,00229	-692,8	-7,74	-16,51
36517	0,000988	-692,8	-7,74	-31,50
16473	0,00127	-693,5	-7,74	-20,47
16475	0,000931	-693,5	-7,74	-27,54
130	0,00102	-695,0	-7,74	-24,00
36555	0,00171	-695,3	-7,74	-19,01

4956	0,0252	-1502,3	-7,43	-48,00
36631	0,0236	-1504,7	-7,43	-24,03
35167	0,0218	-1507,8	-7,43	-12,04
35236	0,0229	-1509,1	-7,43	-36,01
10105	0,0203	-1516,0	-7,42	-24,03
21323	0,0204	-1517,3	-7,42	-48,00
20926	0,0187	-1517,5	-7,42	-0,05
35168	0,0181	-1524,2	-7,42	-36,01
35237	0,0172	-1525,7	-7,42	-12,04
5108	0,0154	-1532,4	-7,42	-48,00
35258	0,0154	-1532,5	-7,42	-31,83
35254	0,0152	-1533,3	-7,42	-19,84
4716	0,0148	-1535,5	-7,42	-0,05
34956	0,0126	-1540,7	-7,41	-43,81
34847	0,0128	-1543,0	-7,41	-7,85
21283	0,0127	-1544,5	-7,41	-0,05
21324	0,0104	-1547,5	-7,41	-48,00
10032	0,00995	-1549,0	-7,41	-39,63
35014	0,01	-1549,8	-7,41	-27,64
10018	0,0104	-1550,5	-7,41	-15,65
35829	0,0105	-1552,0	-7,41	-7,85
4896	0,0106	-1553,5	-7,41	-0,05
35013	0,00773	-1555,8	-7,41	-43,81
34957	0,00741	-1557,3	-7,41	-35,44
34846	0,00768	-1558,0	-7,41	-23,45
34885	0,00782	-1559,5	-7,41	-15,65
35998	0,00813	-1561,0	-7,41	-7,85
21282	0,00849	-1562,5	-7,41	-0,05
5007	0,00564	-1562,6	-7,41	-48,00
34524	0,00526	-1564,1	-7,41	-39,63
9922	0,00504	-1565,6	-7,41	-31,25
34730	0,00504	-1567,0	-7,40	-23,45
9988	0,00532	-1568,5	-7,40	-15,65
35501	0,00372	-1569,6	-7,40	-42,91
34731	0,00587	-1570,0	-7,40	-7,85
21617	0,00355	-1570,2	-7,40	-48,00
34673	0,00374	-1570,4	-7,40	-29,44
35482	0,00343	-1571,0	-7,40	-34,53
4574	0,00642	-1571,4	-7,40	-0,05
34801	0,00381	-1571,9	-7,40	-21,64
34767	0,00426	-1573,4	-7,40	-13,84
36299	0,00351	-1574,1	-7,40	-18,61
34605	0,00492	-1574,8	-7,40	-6,04
9970	0,00253	-1575,3	-7,40	-27,63
35370	0,00226	-1575,9	-7,40	-32,72
10164	0,00209	-1576,5	-7,40	-37,81
35369	0,00195	-1577,1	-7,40	-42,91
36187	0,00211	-1577,5	-7,40	-24,60
5255	0,00182	-1577,7	-7,40	-48,00
9939	0,00331	-1578,2	-7,40	-12,03
36280	0,0025	-1579,0	-7,40	-16,80
10280	0,0018	-1579,7	-7,40	-21,57
34700	0,00137	-1580,0	-7,40	-30,63
34674	0,00142	-1580,1	-7,40	-25,81
20930	0,00442	-1580,4	-7,40	-0,05
36488	0,00129	-1580,5	-7,40	-40,53
35483	0,00127	-1580,6	-7,40	-35,72
36417	0,00118	-1581,1	-7,40	-45,63
35639	0,00241	-1581,2	-7,40	-13,77
36186	0,00163	-1581,9	-7,40	-18,54

36556	0,000846	-695,3	-7,74	-29,00
10306	0,00332	-695,6	-7,74	-14,01
10311	0,000872	-695,6	-7,74	-34,00
34628	0,00696	-695,6	-7,74	-4,52
34681	0,00104	-695,6	-7,74	-43,50
34755	0,00513	-695,6	-7,74	-9,26
34762	0,00097	-695,6	-7,74	-38,75
34655	0,00154	-698,1	-7,73	-21,25
34657	0,000875	-698,1	-7,73	-26,75
36409	0,00287	-698,4	-7,73	-16,26
36420	0,000702	-698,4	-7,73	-31,75
36507	0,00451	-698,4	-7,73	-11,51
36516	0,000707	-698,4	-7,73	-36,50
20947	0,00883	-699,4	-7,73	-0,02
21331	0,000723	-699,4	-7,73	-48,00
9953	0,00575	-701,3	-7,73	-9,02
9958	0,00266	-701,3	-7,73	-18,50
9960	0,000899	-701,3	-7,73	-29,50
9974	0,000533	-701,3	-7,73	-39,00
34650	0,00408	-701,3	-7,73	-13,76
34667	0,00152	-701,3	-7,73	-24,00
34704	0,000624	-701,3	-7,73	-34,25
36173	0,00161	-704,1	-7,73	-26,63
36267	0,00257	-704,1	-7,73	-21,13
34695	0,00775	-705,0	-7,73	-4,52
34751	0,000584	-705,0	-7,73	-43,50
10273	0,00264	-706,9	-7,73	-23,75
34627	0,00515	-706,9	-7,73	-13,51
34636	0,00383	-706,9	-7,73	-18,26
34638	0,00176	-706,9	-7,73	-29,75
34680	0,00132	-706,9	-7,73	-34,50
4728	0,00957	-708,8	-7,73	-0,02
5112	0,00117	-708,8	-7,73	-48,00
36172	0,00384	-709,7	-7,73	-20,88
36268	0,00277	-709,7	-7,73	-26,88
34710	0,00715	-710,6	-7,73	-9,02
34806	0,00182	-710,6	-7,73	-39,00
9926	0,00511	-712,5	-7,73	-18,01
9932	0,00304	-712,5	-7,73	-30,00
34590	0,00392	-712,5	-7,73	-24,00
20946	0,0107	-718,1	-7,73	-0,02
21332	0,0035	-718,1	-7,73	-48,00
34585	0,00429	-720,0	-7,73	-39,00
36740	0,00886	-720,0	-7,73	-9,02
34578	0,00781	-721,3	-7,73	-15,01
35170	0,00539	-721,3	-7,73	-30,00
35250	0,00619	-721,3	-7,73	-24,01
4712	0,012	-727,5	-7,72	-0,02
5092	0,00632	-727,5	-7,72	-48,00
34600	0,0112	-728,8	-7,72	-6,02

36281	0,00103	-1582,3	-7,40	-22,79
36388	0,00297	-1583,8	-7,40	-6,04
34778	0,00229	-1584,0	-7,40	-10,78
10222	0,00159	-1584,1	-7,40	-15,51
10310	0,000647	-1584,6	-7,40	-43,25
35925	0,00084	-1584,6	-7,40	-19,76
36487	0,000628	-1584,7	-7,40	-38,44
9971	0,000596	-1584,8	-7,40	-33,63
34675	0,000496	-1584,9	-7,40	-28,81
116	0,000434	-1585,0	-7,40	-24,00
21618	0,00057	-1585,3	-7,40	-48,00
16461	0,000474	-1586,5	-7,40	-20,47
16464	0,000348	-1586,5	-7,40	-27,54
35926	0,00152	-1586,9	-7,40	-12,52
35640	0,000872	-1587,1	-7,40	-17,26
34701	0,000311	-1587,4	-7,40	-31,31
36418	0,000331	-1588,0	-7,40	-40,88
34772	0,000304	-1588,1	-7,40	-36,06
36515	0,00034	-1588,7	-7,40	-45,63
4719	0,00256	-1589,4	-7,40	-0,05
34746	0,00203	-1589,6	-7,40	-4,79
9996	0,00145	-1589,7	-7,40	-9,53
34747	0,000875	-1589,9	-7,40	-14,26
115	0,000415	-1590,0	-7,40	-19,00
118	0,000232	-1590,0	-7,40	-29,00
34737	0,000323	-1590,7	-7,40	-33,75
9991	0,00046	-1591,4	-7,40	-38,50
34736	0,000572	-1592,1	-7,40	-43,25
36389	0,0017	-1592,4	-7,40	-3,05
36484	0,00121	-1592,5	-7,39	-7,78
5094	0,000656	-1592,8	-7,39	-48,00
16462	0,000256	-1593,5	-7,39	-27,54
16463	0,000307	-1593,5	-7,39	-20,47
35984	0,000537	-1593,9	-7,39	-13,77
34836	0,000506	-1594,1	-7,39	-31,38
35929	0,000387	-1594,1	-7,39	-18,51
34880	0,000746	-1594,8	-7,39	-36,13
117	0,000277	-1595,0	-7,39	-24,00
10296	0,000948	-1595,3	-7,39	-6,04
34779	0,000611	-1595,5	-7,39	-10,78
34879	0,000662	-1596,6	-7,39	-28,88
35644	0,000467	-1596,6	-7,39	-21,01
10224	0,000608	-1598,1	-7,39	-18,01
10013	0,00106	-1598,3	-7,39	-33,75
36390	0,000528	-1598,3	-7,39	-9,03
20929	0,000909	-1598,4	-7,39	-0,05
34771	0,00127	-1599,0	-7,39	-38,50
34708	0,000868	-1599,4	-7,39	-24,63
35643	0,000709	-1599,6	-7,39	-15,02
34589	0,00144	-1599,7	-7,39	-43,25

Додаток В. Результати другого розрахунку

Node	Value (mm)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
22	0,00632	-26,998	-7,99	-48,00
24	0,00626	-26,998	-7,99	-29,13
141	0,00631	-26,998	-7,99	-38,56
15347	0,00629	-26,998	-7,99	-33,84
15348	0,00632	-26,998	-7,99	-43,28

Node	Value (mm)	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)
9324	0,0253	-783,75	-7,70	-24,01
19602	0,0234	-783,75	-7,70	-0,03
19963	0,026	-783,75	-7,70	-48,00
32390	0,0267	-793,13	-7,70	-12,02
32451	0,0287	-793,13	-7,70	-36,01

20339	0,00604	-30,686	-7,99	-48,00
32229	0,00598	-30,686	-7,99	-31,49
32272	0,00601	-30,686	-7,99	-36,20
33946	0,00602	-30,686	-7,99	-39,74
33995	0,00603	-30,686	-7,99	-44,46
22176	0,00592	-31,16	-7,99	-28,22
5086	0,00575	-34,374	-7,99	-48,00
9283	0,0057	-34,374	-7,99	-33,84
9587	0,00574	-34,374	-7,99	-40,92
33865	0,00573	-34,374	-7,99	-37,38
33866	0,00575	-34,374	-7,99	-44,46
32409	0,00564	-34,848	-7,99	-30,58
6892	0,00556	-35,322	-7,99	-27,31
20340	0,00547	-38,062	-7,99	-48,00
32230	0,00543	-38,062	-7,99	-36,20
33947	0,00545	-38,062	-7,99	-39,74
33993	0,00547	-38,062	-7,99	-44,46
32273	0,00528	-39,01	-7,99	-29,67
22175	0,0052	-39,484	-7,99	-26,40
4902	0,00518	-41,749	-7,98	-48,00
9204	0,00515	-41,749	-7,98	-38,56
31995	0,00518	-41,749	-7,98	-43,28
31978	0,00501	-42,697	-7,98	-32,02
6890	0,00482	-43,645	-7,98	-25,49
33079	0,00474	-46,385	-7,98	-34,38
33355	0,00455	-47,333	-7,98	-27,85
19972	0,0046	-49,125	-7,98	-48,00
31950	0,00459	-49,125	-7,98	-43,28
9500	0,00428	-51,021	-7,98	-30,20
22173	0,00404	-51,969	-7,98	-23,67
33354	0,00418	-53,761	-7,98	-39,10
33080	0,00377	-55,656	-7,98	-26,03
4718	0,00401	-56,5	-7,98	-48,00
6887	0,00322	-60,292	-7,98	-21,85
33389	0,0034	-62,136	-7,98	-34,10
31888	0,00329	-64,876	-7,98	-43,00
31893	0,00288	-66,772	-7,97	-29,92
32664	0,00265	-67,693	-7,97	-24,97
19971	0,00306	-67,969	-7,97	-48,00
22172	0,00237	-68,615	-7,97	-20,03
9198	0,00252	-73,251	-7,97	-38,00
32585	0,00233	-74,173	-7,97	-33,05
9382	0,00211	-75,095	-7,97	-28,10
32586	0,00187	-76,017	-7,97	-23,15
31989	0,00234	-76,345	-7,97	-43,00
6889	0,00161	-76,939	-7,97	-18,21
32118	0,00212	-77,439	-7,97	-35,50
32665	0,00192	-78,361	-7,97	-30,55
4901	0,00212	-79,438	-7,97	-48,00
32201	0,00198	-80,532	-7,97	-40,50
32701	0,00163	-80,549	-7,97	-26,05
22178	0,00138	-81,1	-7,97	-17,30
31979	0,00145	-81,47	-7,97	-21,10
9265	0,00175	-81,627	-7,97	-33,00
31987	0,00178	-83,626	-7,97	-45,50
32160	0,00153	-83,815	-7,97	-28,50
32161	0,00163	-84,72	-7,97	-38,00
20341	0,00166	-85,173	-7,97	-48,00
6893	0,00134	-85,262	-7,97	-16,39
32914	0,00156	-85,267	-7,97	-34,25
4528	0,0265	-802,5	-7,70	-0,03
4881	0,0317	-802,5	-7,70	-48,00
32696	0,0305	-802,5	-7,70	-24,01
32529	0,0338	-811,88	-7,69	-36,01
32644	0,0309	-811,88	-7,69	-12,02
9354	0,0347	-821,25	-7,69	-24,01
19601	0,0291	-821,25	-7,69	-0,03
19964	0,0361	-821,25	-7,69	-48,00
32530	0,0339	-830,63	-7,68	-12,02
32643	0,037	-830,63	-7,68	-36,01
32821	0,0363	-835,31	-7,68	-24,01
4339	0,0303	-840	-7,68	-0,03
4719	0,0377	-840	-7,68	-48,00
32934	0,0373	-844,69	-7,68	-36,01
32935	0,0343	-844,69	-7,68	-12,02
9452	0,036	-849,38	-7,68	-24,02
19608	0,0289	-858,75	-7,67	-0,03
19977	0,0361	-858,75	-7,67	-48,00
32822	0,0338	-863,44	-7,67	-24,02
32953	0,0349	-863,44	-7,67	-36,01
32954	0,0318	-863,44	-7,67	-12,02
4531	0,0264	-877,5	-7,67	-0,03
4905	0,0318	-877,5	-7,67	-48,00
9224	0,0306	-877,5	-7,67	-24,02
32080	0,0289	-877,5	-7,67	-12,02
32083	0,0314	-877,5	-7,67	-36,01
19607	0,0234	-896,25	-7,66	-0,03
19978	0,026	-896,25	-7,66	-48,00
32000	0,0246	-896,25	-7,66	-12,02
33896	0,0254	-896,25	-7,66	-24,02
33978	0,0258	-896,25	-7,66	-36,01
4428	0,0199	-915	-7,65	-0,03
4802	0,0198	-915	-7,65	-48,00
9562	0,0199	-915	-7,65	-24,02
33815	0,0199	-915	-7,65	-36,01
33816	0,02	-915	-7,65	-12,02
32367	0,0178	-923,88	-7,65	-9,02
32434	0,017	-923,88	-7,65	-33,01
33897	0,0174	-923,88	-7,65	-21,02
9312	0,015	-932,75	-7,65	-18,02
31847	0,0138	-932,75	-7,65	-42,00
19590	0,0164	-933,75	-7,65	-0,03
19968	0,0133	-933,75	-7,65	-48,00
32366	0,0116	-941,63	-7,64	-27,01
32605	0,0126	-941,63	-7,64	-18,01
32433	0,0136	-942,63	-7,64	-9,02
9193	0,00809	-950,5	-7,64	-36,00
9392	0,0102	-950,5	-7,64	-18,01
32681	0,00896	-950,5	-7,64	-27,01
31976	0,00745	-951,5	-7,64	-42,00
32682	0,0116	-951,5	-7,64	-9,02
4517	0,0133	-952,5	-7,64	-0,03
4898	0,00702	-952,5	-7,64	-48,00
31956	0,00563	-959,38	-7,64	-33,00
32606	0,00799	-959,38	-7,64	-18,01
32694	0,00685	-959,38	-7,64	-24,01
31959	0,0099	-960,38	-7,64	-9,02
31983	0,00485	-960,38	-7,64	-39,00
19630	0,012	-961,88	-7,63	-0,03
19997	0,00412	-961,88	-7,63	-48,00

32695	0,00139	-85,632	-7,97	-20,19
32119	0,00149	-85,815	-7,97	-30,50
137	0,00144	-86,002	-7,97	-24,00
15339	0,00143	-87,174	-7,97	-26,83
15340	0,0014	-87,174	-7,97	-21,17
32617	0,0014	-87,632	-7,97	-18,19
9203	0,00144	-87,814	-7,97	-43,00
32798	0,00141	-88,361	-7,97	-39,25
9441	0,00138	-88,908	-7,97	-35,50
33625	0,00134	-89,36	-7,97	-45,50
22177	0,00152	-89,424	-7,97	-15,48
32799	0,00137	-89,455	-7,97	-31,75
135	0,00135	-90,002	-7,97	-20,00
136	0,00141	-90,002	-7,97	-28,00
5087	0,00126	-90,907	-7,97	-48,00
31764	0,00151	-91,794	-7,97	-17,28
31925	0,00122	-92,001	-7,97	-40,50
32947	0,00127	-92,002	-7,97	-33,25
32911	0,00128	-92,549	-7,96	-29,50
32913	0,00124	-92,549	-7,96	-36,75
15337	0,00131	-92,831	-7,96	-21,17
15338	0,00126	-92,831	-7,96	-26,83
33734	0,0012	-93,548	-7,96	-43,00
6886	0,00197	-93,585	-7,96	-14,57
31765	0,00141	-93,794	-7,96	-19,28
134	0,00127	-94,002	-7,96	-24,00
32795	0,00128	-94,549	-7,96	-27,50
9439	0,00128	-95,096	-7,96	-31,00
32794	0,00129	-95,642	-7,96	-34,50
9202	0,0013	-96,189	-7,96	-38,00
20342	0,00128	-96,641	-7,96	-48,00
33092	0,00141	-97,143	-7,96	-25,75
33364	0,00148	-97,69	-7,96	-29,25
22180	0,00271	-97,747	-7,96	-13,66
32091	0,00239	-97,851	-7,96	-16,01
32063	0,00185	-98,06	-7,96	-20,73
33505	0,00149	-98,236	-7,96	-32,75
31949	0,00155	-99,282	-7,96	-43,00
9506	0,00187	-100,28	-7,96	-27,50
33363	0,00234	-101,2	-7,96	-22,48
31998	0,00192	-101,38	-7,96	-34,50
6894	0,00365	-101,91	-7,96	-12,75
33626	0,00334	-102,01	-7,96	-15,10
9248	0,00306	-102,12	-7,96	-17,46
4885	0,002	-102,38	-7,96	-48,00
33091	0,00244	-103,42	-7,96	-29,25
32092	0,00292	-104,34	-7,96	-24,23
31999	0,00244	-104,47	-7,96	-39,50
22179	0,00469	-106,07	-7,96	-11,84
32064	0,00441	-106,17	-7,96	-14,19
9223	0,0031	-106,56	-7,96	-31,00
32478	0,00421	-108,4	-7,96	-20,96
6891	0,00578	-110,23	-7,96	-10,93
32441	0,00431	-110,62	-7,96	-27,73
31919	0,0039	-110,75	-7,96	-43,00
32378	0,00561	-112,46	-7,96	-17,69
31994	0,00462	-112,85	-7,96	-34,50
19993	0,0047	-113,84	-7,96	-48,00
9318	0,00564	-114,68	-7,96	-24,46
32379	0,00591	-116,9	-7,96	-31,23
9210	0,00365	-968,25	-7,63	-30,00
9214	0,0059	-968,25	-7,63	-18,01
31969	0,00459	-968,25	-7,63	-24,01
32212	0,00257	-969,75	-7,63	-39,00
32331	0,00826	-969,75	-7,63	-9,02
4542	0,011	-971,25	-7,63	-0,03
4915	0,00212	-971,25	-7,63	-48,00
32010	0,00263	-973,69	-7,63	-29,50
32016	0,00348	-973,69	-7,63	-23,51
32034	0,00461	-973,69	-7,63	-18,51
32073	0,00222	-973,69	-7,63	-34,50
32126	0,00612	-973,69	-7,63	-13,52
32146	0,00181	-975,19	-7,63	-43,50
32255	0,00907	-975,19	-7,63	-4,53
9230	0,002	-979,13	-7,63	-29,00
9241	0,00349	-979,13	-7,63	-19,01
9253	0,00175	-979,13	-7,63	-39,00
9269	0,00691	-979,13	-7,63	-9,02
32053	0,00248	-979,13	-7,63	-24,00
32097	0,00179	-979,13	-7,63	-34,00
32165	0,00506	-979,13	-7,63	-14,01
19629	0,0103	-980,63	-7,63	-0,03
19998	0,00181	-980,63	-7,63	-48,00
33610	0,00174	-981,85	-7,63	-31,25
33714	0,00172	-981,85	-7,63	-36,25
32015	0,00183	-982,56	-7,63	-26,50
32046	0,0024	-982,56	-7,63	-21,50
9553	0,00167	-984,56	-7,63	-33,50
32033	0,00255	-984,56	-7,63	-19,50
32074	0,00188	-984,56	-7,63	-43,50
32127	0,00839	-984,56	-7,63	-4,53
32150	0,00416	-984,56	-7,63	-14,51
32153	0,00177	-984,56	-7,63	-38,50
32206	0,00622	-984,56	-7,63	-9,52
33736	0,00166	-985,28	-7,63	-28,75
123	0,0018	-986	-7,63	-24,00
15325	0,00186	-987,17	-7,62	-21,17
15327	0,00158	-987,17	-7,62	-26,83
33609	0,00169	-987,28	-7,62	-35,75
33713	0,00158	-987,28	-7,62	-30,75
122	0,00189	-990	-7,62	-20,00
125	0,00141	-990	-7,62	-28,00
4381	0,0102	-990	-7,62	-0,03
4755	0,00189	-990	-7,62	-48,00
9257	0,00577	-990	-7,62	-10,02
9258	0,0017	-990	-7,62	-38,00
32102	0,00801	-990	-7,62	-5,03
32103	0,00357	-990	-7,62	-15,01
32104	0,00184	-990	-7,62	-43,00
32105	0,00151	-990	-7,62	-33,00
33859	0,00481	-992,72	-7,62	-12,26
33938	0,00257	-992,72	-7,62	-17,26
15326	0,00163	-992,83	-7,62	-21,17
15328	0,00129	-992,83	-7,62	-26,83
124	0,00132	-994	-7,62	-24,00
33983	0,00216	-994,72	-7,62	-19,26
9584	0,00401	-995,44	-7,62	-14,51
32037	0,00112	-995,44	-7,62	-28,50
32072	0,00841	-995,44	-7,62	-4,53
32151	0,0062	-995,44	-7,62	-9,52

22174	0,00808	-118,56	-7,96	-9,11
9200	0,00635	-119,13	-7,95	-38,00
32440	0,00805	-120,78	-7,95	-15,87
32144	0,00721	-122,22	-7,95	-43,00
4913	0,00815	-125,31	-7,95	-48,00
33391	0,00895	-126,12	-7,95	-26,05
6888	0,0104	-126,88	-7,95	-7,29
33286	0,00938	-128,35	-7,95	-32,82
33390	0,0103	-131,44	-7,95	-37,82
33009	0,0113	-132,22	-7,95	-17,46
19994	0,012	-136,78	-7,95	-48,00
9465	0,0126	-137,57	-7,95	-27,64
33010	0,0142	-142,91	-7,95	-37,82
22171	0,0152	-143,53	-7,95	-3,65
4790	0,0161	-148,25	-7,94	-48,00
33285	0,0164	-148,87	-7,94	-13,82
33385	0,0191	-157,36	-7,94	-25,82
59	0,0196	-160,17	-7,94	-0,01
32667	0,0211	-162,7	-7,94	-36,00
32588	0,0223	-168,66	-7,94	-12,00
19973	0,0243	-171,19	-7,94	-48,00
9383	0,0256	-177,15	-7,93	-24,00
19596	0,0253	-183,91	-7,93	-0,01
32587	0,029	-185,64	-7,93	-36,00
32666	0,0289	-192,4	-7,93	-12,01
4903	0,0319	-194,13	-7,93	-48,00
32951	0,0326	-200,49	-7,92	-24,00
4523	0,0298	-207,65	-7,92	-0,01
32924	0,0357	-208,98	-7,92	-36,00
32808	0,0344	-215,74	-7,92	-12,01
19974	0,0378	-217,06	-7,92	-48,00
9446	0,0376	-223,83	-7,92	-24,00
19595	0,0326	-231,39	-7,91	-0,01
32809	0,0396	-231,91	-7,91	-36,00
33633	0,0389	-235,7	-7,91	-24,00
32923	0,037	-239,48	-7,91	-12,01
4717	0,0403	-240	-7,91	-48,00
33526	0,04	-243,78	-7,91	-36,00
9513	0,0388	-247,57	-7,91	-24,00
33525	0,0363	-251,35	-7,90	-12,01
4424	0,032	-255,13	-7,90	-0,01
19975	0,0388	-258,75	-7,90	-48,00
33693	0,0377	-262,53	-7,90	-36,00
33588	0,0359	-266,32	-7,90	-24,00
32020	0,0331	-270,1	-7,90	-12,01
4904	0,0343	-277,5	-7,89	-48,00
19591	0,0286	-278,87	-7,89	-0,01
32082	0,0329	-281,28	-7,89	-36,00
9233	0,0308	-285,07	-7,89	-24,00
32039	0,0272	-293,84	-7,89	-12,01
19976	0,0282	-296,25	-7,89	-48,00
32019	0,0267	-300,03	-7,89	-36,00
4519	0,0241	-302,61	-7,89	-0,01
32476	0,0241	-306,01	-7,88	-18,01
19958	0,0216	-314,48	-7,88	-0,01
32397	0,0215	-314,78	-7,88	-6,01
4784	0,0213	-315	-7,88	-48,00
32456	0,0194	-320,98	-7,88	-30,00
33596	0,018	-324,08	-7,88	-42,00
4706	0,0191	-326,35	-7,88	-0,01
32152	0,0012	-995,44	-7,62	-33,50
32234	0,00149	-995,44	-7,62	-43,50
32328	0,00137	-995,44	-7,62	-38,50
32047	0,00187	-997,44	-7,62	-21,50
32048	0,00117	-997,44	-7,62	-26,50
33860	0,00345	-998,16	-7,62	-16,76
33939	0,00544	-998,16	-7,62	-11,77
19626	0,0105	-999,38	-7,62	-0,03
20115	0,00107	-999,38	-7,62	-48,00
9242	0,00313	-1000,9	-7,62	-19,01
9243	0,00114	-1000,9	-7,62	-29,00
9252	0,00695	-1000,9	-7,62	-9,02
9285	0,000795	-1000,9	-7,62	-39,00
32054	0,00189	-1000,9	-7,62	-24,00
32096	0,00489	-1000,9	-7,62	-14,01
32275	0,000829	-1000,9	-7,62	-34,00
33844	0,00195	-1003,6	-7,62	-26,25
33923	0,00303	-1003,6	-7,62	-21,26
32142	0,00928	-1004,8	-7,62	-4,53
32258	0,000647	-1004,8	-7,62	-43,50
9576	0,00309	-1006,3	-7,62	-23,51
32035	0,00442	-1006,3	-7,62	-18,51
32036	0,00197	-1006,3	-7,62	-29,50
32071	0,00611	-1006,3	-7,62	-13,52
32233	0,00138	-1006,3	-7,62	-34,50
4540	0,0114	-1008,8	-7,62	-0,03
4974	0,00125	-1008,8	-7,62	-48,00
33843	0,00443	-1009	-7,62	-20,76
33924	0,00309	-1009	-7,62	-26,75
32211	0,00848	-1010,3	-7,62	-9,02
32257	0,0019	-1010,3	-7,62	-39,00
9209	0,00588	-1011,8	-7,62	-18,01
9215	0,00325	-1011,8	-7,62	-30,00
31968	0,00439	-1011,8	-7,62	-24,01
19625	0,0126	-1018,1	-7,61	-0,03
20116	0,00389	-1018,1	-7,61	-48,00
31960	0,0047	-1019,6	-7,61	-39,00
31982	0,0104	-1019,6	-7,61	-9,02
31955	0,00899	-1020,6	-7,61	-15,01
32604	0,00598	-1020,6	-7,61	-30,00
32693	0,00698	-1020,6	-7,61	-24,01
4521	0,0141	-1027,5	-7,61	-0,03
4896	0,00711	-1027,5	-7,61	-48,00
31975	0,0129	-1028,5	-7,61	-6,03
32680	0,00781	-1028,5	-7,61	-39,00
9192	0,0119	-1029,5	-7,61	-12,02
9391	0,00894	-1029,5	-7,61	-30,01
32679	0,0102	-1029,5	-7,61	-21,01
32444	0,0111	-1037,4	-7,61	-39,01
32384	0,013	-1038,4	-7,61	-21,01
32603	0,012	-1038,4	-7,61	-30,01
19593	0,0175	-1046,3	-7,60	-0,03
19966	0,0142	-1046,3	-7,60	-48,00
9321	0,0151	-1047,3	-7,60	-30,01
31846	0,0171	-1047,3	-7,60	-6,03
32385	0,018	-1056,1	-7,60	-39,01
32445	0,0188	-1056,1	-7,60	-15,02
33899	0,0183	-1056,1	-7,60	-27,01
4427	0,0214	-1065	-7,60	-0,04
4803	0,0212	-1065	-7,60	-48,00

33624	0,0186	-326,65	-7,88	-6,01
9327	0,0182	-326,95	-7,88	-12,01
33701	0,0166	-330,05	-7,87	-24,01
9546	0,0148	-333,15	-7,87	-36,00
19967	0,0143	-333,75	-7,87	-48,00
19957	0,0166	-338,22	-7,87	-0,01
32455	0,0158	-338,52	-7,87	-6,01
32396	0,0142	-339,12	-7,87	-18,01
33595	0,012	-342,22	-7,87	-30,00
33700	0,0111	-342,83	-7,87	-42,00
4338	0,0144	-350,09	-7,87	-0,01
32115	0,012	-350,69	-7,87	-12,01
9263	0,00976	-351,29	-7,87	-24,01
32114	0,00822	-351,9	-7,87	-36,00
4897	0,00752	-352,5	-7,87	-48,00
33992	0,0107	-356,4	-7,86	-11,63
33889	0,00808	-357,01	-7,86	-23,63
32158	0,00671	-359,77	-7,86	-27,00
31889	0,0115	-360,07	-7,86	-5,01
31952	0,00525	-360,38	-7,86	-39,00
19995	0,00452	-361,88	-7,86	-48,00
19600	0,0125	-361,96	-7,86	-0,01
9597	0,00649	-362,72	-7,86	-23,25
33970	0,00515	-365,48	-7,86	-26,63
33969	0,00705	-366,38	-7,86	-16,63
9206	0,00392	-368,25	-7,86	-30,00
33888	0,00505	-368,43	-7,86	-22,88
32208	0,00282	-369,75	-7,86	-39,00
9199	0,00819	-370,04	-7,86	-10,01
32814	0,00376	-371,2	-7,86	-26,25
4914	0,00237	-371,25	-7,86	-48,00
32012	0,00955	-371,94	-7,86	-5,01
32928	0,0058	-372,09	-7,86	-16,26
32007	0,0028	-373,69	-7,86	-29,50
32065	0,00237	-373,69	-7,86	-34,50
4527	0,011	-373,83	-7,86	-0,01
9449	0,00377	-374,14	-7,86	-22,50
32023	0,0064	-375,03	-7,86	-12,51
32145	0,00195	-375,19	-7,86	-43,50
32927	0,00275	-376,63	-7,86	-25,75
33808	0,00794	-376,93	-7,86	-7,51
32815	0,00405	-377,08	-7,86	-18,75
33874	0,00311	-377,1	-7,86	-22,88
9228	0,00209	-379,13	-7,86	-29,00
9249	0,00182	-379,13	-7,86	-39,00
32093	0,00188	-379,13	-7,86	-34,00
33955	0,00227	-379,6	-7,86	-26,13
19960	0,0105	-379,76	-7,86	-0,01
9235	0,00464	-380,02	-7,86	-15,00
33954	0,00339	-380,05	-7,86	-19,13
9591	0,00255	-380,07	-7,86	-23,25
19996	0,00184	-380,63	-7,86	-48,00
33608	0,00181	-381,85	-7,85	-31,25
33712	0,00179	-381,85	-7,85	-36,25
32013	0,00193	-382,56	-7,85	-26,50
32929	0,00725	-382,86	-7,85	-7,51
32040	0,00279	-383,01	-7,85	-19,50
33873	0,0021	-383,04	-7,85	-23,63
9552	0,00173	-384,56	-7,85	-33,50
32066	0,00192	-384,56	-7,85	-43,50
9563	0,0213	-1065	-7,60	-24,02
33817	0,0213	-1065	-7,60	-12,03
33818	0,0214	-1065	-7,60	-36,01
19606	0,0253	-1083,8	-7,59	-0,04
19979	0,0281	-1083,8	-7,59	-48,00
31992	0,0279	-1083,8	-7,59	-36,01
33898	0,0274	-1083,8	-7,59	-24,02
33976	0,0265	-1083,8	-7,59	-12,03
4530	0,0287	-1102,5	-7,58	-0,04
4906	0,0343	-1102,5	-7,58	-48,00
9222	0,0329	-1102,5	-7,58	-24,02
32079	0,0312	-1102,5	-7,58	-12,03
32084	0,0339	-1102,5	-7,58	-36,01
19605	0,0314	-1121,3	-7,57	-0,04
19980	0,0388	-1121,3	-7,57	-48,00
31993	0,0352	-1121,3	-7,57	-12,03
31997	0,0384	-1121,3	-7,57	-36,01
33892	0,0374	-1121,3	-7,57	-24,02
4340	0,0328	-1140	-7,57	-0,04
4714	0,0406	-1140	-7,57	-48,00
9560	0,0392	-1140	-7,57	-24,02
33811	0,037	-1140	-7,57	-12,03
33812	0,0402	-1140	-7,57	-36,01
20293	0,0395	-1155,1	-7,56	-48,00
32022	0,0359	-1155,1	-7,56	-12,03
33893	0,0381	-1155,1	-7,56	-24,02
33984	0,0392	-1155,1	-7,56	-36,01
19618	0,0313	-1158	-7,56	-0,04
5063	0,0363	-1170,2	-7,56	-48,00
9234	0,0349	-1170,2	-7,56	-24,02
32609	0,036	-1170,2	-7,56	-36,01
32138	0,0323	-1173,1	-7,55	-12,03
4536	0,0289	-1176	-7,55	-0,04
20294	0,0318	-1185,3	-7,55	-48,00
32021	0,0315	-1185,3	-7,55	-36,01
33634	0,0298	-1188,2	-7,55	-24,02
33739	0,0278	-1191	-7,55	-12,03
19617	0,0257	-1193,9	-7,55	-0,04
4809	0,0265	-1200,4	-7,54	-48,00
33528	0,0254	-1203,3	-7,54	-36,01
9514	0,0242	-1206,1	-7,54	-24,02
33527	0,023	-1209	-7,54	-12,03
33726	0,0227	-1210,8	-7,54	-36,01
4430	0,0221	-1211,9	-7,54	-0,04
33635	0,0217	-1213,7	-7,54	-24,02
19991	0,0209	-1215,5	-7,54	-48,00
33598	0,021	-1216,6	-7,54	-12,03
9547	0,0192	-1221,2	-7,54	-24,02
33597	0,0172	-1225,9	-7,53	-36,01
19597	0,0185	-1229,9	-7,53	-0,04
4912	0,0153	-1230,6	-7,53	-48,00
33741	0,0143	-1234,4	-7,53	-32,57
33732	0,0161	-1234,5	-7,53	-12,03
33702	0,0148	-1235,9	-7,53	-20,52
33097	0,0121	-1239	-7,53	-44,56
19992	0,00966	-1245,7	-7,53	-48,00
9509	0,00913	-1247,5	-7,53	-41,13
4524	0,0151	-1247,9	-7,53	-0,04
33372	0,00963	-1249	-7,53	-29,07
31986	0,0131	-1249,2	-7,53	-8,53

32157	0,00183	-384,56	-7,85	-38,50
32024	0,00305	-385,01	-7,85	-17,50
33735	0,00173	-385,28	-7,85	-28,75
4707	0,0102	-385,7	-7,85	-0,01
131	0,00187	-386	-7,85	-24,00
32088	0,00475	-386,9	-7,85	-12,51
15333	0,00187	-387,17	-7,85	-21,17
15335	0,00166	-387,17	-7,85	-26,83
33607	0,00177	-387,28	-7,85	-35,75
33711	0,00164	-387,28	-7,85	-30,75
32816	0,00799	-389,74	-7,85	-5,01
130	0,00185	-390	-7,85	-20,00
133	0,00149	-390	-7,85	-28,00
4757	0,00197	-390	-7,85	-48,00
9260	0,00178	-390	-7,85	-38,00
32108	0,00191	-390	-7,85	-43,00
32109	0,00158	-390	-7,85	-33,00
19959	0,0101	-391,63	-7,85	-0,01
32058	0,00353	-391,89	-7,85	-15,00
15334	0,00161	-392,83	-7,85	-21,17
15336	0,00136	-392,83	-7,85	-26,83
32589	0,00222	-393,67	-7,85	-18,75
9245	0,00576	-393,78	-7,85	-10,01
132	0,00143	-394	-7,85	-24,00
32009	0,00117	-395,44	-7,85	-28,50
32156	0,0013	-395,44	-7,85	-33,50
32232	0,00161	-395,44	-7,85	-43,50
32327	0,00149	-395,44	-7,85	-38,50
32669	0,00424	-395,56	-7,85	-13,76
32668	0,00189	-395,67	-7,85	-20,75
32057	0,00807	-395,68	-7,85	-5,01
9384	0,00299	-397,33	-7,85	-17,50
32014	0,00122	-397,44	-7,85	-26,50
4434	0,0102	-397,57	-7,85	-0,01
34007	0,00168	-398,39	-7,85	-23,00
32087	0,00518	-399,22	-7,85	-12,51
20117	0,00121	-399,38	-7,85	-48,00
33920	0,00267	-400,05	-7,85	-19,75
9229	0,00113	-400,88	-7,85	-29,00
9284	0,00091	-400,88	-7,85	-39,00
32274	0,00088	-400,88	-7,85	-34,00
32590	0,00396	-400,99	-7,85	-16,26
32003	0,00745	-401,11	-7,85	-7,51
33840	0,00167	-401,82	-7,85	-25,50
9574	0,00254	-402,77	-7,85	-22,00
33839	0,0037	-403,71	-7,85	-18,51
9227	0,00503	-404,66	-7,85	-15,01
32260	0,000634	-404,81	-7,85	-43,50
33925	0,0094	-405,27	-7,85	-3,76
32008	0,00182	-406,31	-7,85	-29,50
32231	0,00122	-406,31	-7,85	-34,50
33919	0,0026	-407,26	-7,85	-26,00
4975	0,00102	-408,75	-7,84	-48,00
33845	0,00714	-408,82	-7,84	-11,26
19612	0,0111	-409,44	-7,84	-0,01
33977	0,00497	-409,65	-7,84	-18,51
32259	0,00162	-410,25	-7,84	-39,00
33592	0,00625	-410,59	-7,84	-15,01
9211	0,00301	-411,75	-7,84	-30,00
9577	0,00914	-412,98	-7,84	-7,51
9195	0,0111	-1250,5	-7,52	-17,01
33371	0,00669	-1254,1	-7,52	-44,56
33098	0,00641	-1256	-7,52	-37,69
19632	0,0137	-1256,9	-7,52	-0,04
32915	0,00746	-1257,5	-7,52	-25,63
32477	0,0112	-1258,2	-7,52	-8,53
31961	0,00832	-1259,4	-7,52	-18,76
4768	0,0045	-1260,8	-7,52	-48,00
32801	0,00415	-1262,6	-7,52	-41,13
9442	0,00417	-1264,5	-7,52	-34,25
4543	0,0125	-1265,8	-7,52	-0,04
32800	0,00463	-1266,4	-7,52	-27,38
32404	0,00896	-1267	-7,52	-10,27
31972	0,00298	-1267,1	-7,52	-42,00
9216	0,00559	-1268,3	-7,52	-20,51
20335	0,00261	-1268,3	-7,52	-48,00
32916	0,00301	-1268,9	-7,52	-35,13
33410	0,00336	-1269,7	-7,52	-30,25
32405	0,0101	-1270,9	-7,52	-5,16
33096	0,00411	-1271,6	-7,52	-23,38
32380	0,00623	-1272,1	-7,52	-15,39
9218	0,00217	-1273,4	-7,52	-36,00
32026	0,00436	-1273,7	-7,52	-20,38
33370	0,0024	-1274,2	-7,52	-31,13
32839	0,00187	-1274,6	-7,52	-42,00
19631	0,0116	-1274,8	-7,52	-0,04
9508	0,00288	-1275	-7,52	-26,25
5084	0,00181	-1275,8	-7,52	-48,00
9319	0,00739	-1276	-7,52	-10,27
33369	0,00303	-1277	-7,51	-23,25
32247	0,00184	-1277,5	-7,51	-34,00
32442	0,00519	-1277,6	-7,51	-15,26
33095	0,00204	-1278,3	-7,51	-29,13
32958	0,00178	-1278,8	-7,51	-40,00
9236	0,00333	-1279,1	-7,51	-20,25
32381	0,0091	-1279,9	-7,51	-5,16
33418	0,00216	-1280,5	-7,51	-25,13
32479	0,00672	-1281,5	-7,51	-10,15
9292	0,00172	-1281,7	-7,51	-32,00
32041	0,00234	-1282,6	-7,51	-22,13
32086	0,00437	-1283	-7,51	-15,14
32949	0,00191	-1283,2	-7,51	-43,00
20336	0,00196	-1283,4	-7,51	-48,00
4382	0,0111	-1283,8	-7,51	-0,04
32284	0,00173	-1283,8	-7,51	-28,00
32025	0,00236	-1284,6	-7,51	-20,13
32055	0,00879	-1285,4	-7,51	-5,03
32248	0,00159	-1285,8	-7,51	-30,00
119	0,0018	-1286	-7,51	-24,00
32285	0,00174	-1286,1	-7,51	-35,00
9244	0,00631	-1286,9	-7,51	-10,02
15322	0,00195	-1287,2	-7,51	-21,17
15324	0,00159	-1287,2	-7,51	-26,83
32056	0,00379	-1288,5	-7,51	-15,01
118	0,00182	-1290	-7,51	-20,00
120	0,00136	-1290	-7,51	-28,00
32123	0,00154	-1290,2	-7,51	-33,00
9267	0,00174	-1290,5	-7,51	-38,00
32122	0,00187	-1290,7	-7,51	-43,00
4894	0,00191	-1290,9	-7,51	-48,00

33698	0,00508	-414,14	-7,84	-22,50	32170	0,00477	-1292,7	-7,51	-13,02
33926	0,0083	-414,76	-7,84	-11,26	15321	0,00154	-1292,8	-7,51	-21,17
9544	0,00761	-416,53	-7,84	-15,01	15323	0,00128	-1292,8	-7,51	-26,83
33846	0,011	-417,14	-7,84	-3,76	19622	0,0111	-1292,8	-7,51	-0,04
20118	0,00346	-418,13	-7,84	-48,00	121	0,00139	-1294	-7,51	-24,00
33697	0,0102	-418,92	-7,84	-7,51	32133	0,00267	-1294,2	-7,51	-18,01
31957	0,00426	-419,63	-7,84	-39,00	32135	0,00117	-1294,4	-7,51	-30,00
33695	0,00523	-419,85	-7,84	-30,75	32163	0,00155	-1294,4	-7,51	-40,50
4533	0,0126	-421,31	-7,84	-0,01	32202	0,00882	-1294,4	-7,51	-5,03
33740	0,0072	-422,24	-7,84	-23,26	31923	0,00163	-1294,6	-7,51	-45,50
33591	0,00904	-422,46	-7,84	-15,01	32194	0,00132	-1294,6	-7,51	-35,00
32099	0,0114	-424,85	-7,84	-7,51	32169	0,00227	-1296,2	-7,51	-20,01
4900	0,00659	-427,5	-7,84	-48,00	32171	0,00107	-1296,4	-7,51	-28,00
33590	0,00694	-427,73	-7,84	-39,75	9161	0,00115	-1298,3	-7,51	-43,00
9543	0,00773	-427,95	-7,84	-31,50	9272	0,00406	-1298,4	-7,51	-16,01
33589	0,00897	-428,17	-7,84	-23,26	32333	0,00182	-1298,4	-7,51	-23,01
9255	0,0105	-428,4	-7,84	-15,01	20307	0,00117	-1298,5	-7,51	-48,00
19611	0,0145	-433,18	-7,84	-0,01	32172	0,000977	-1298,5	-7,51	-37,50
32077	0,0139	-436,72	-7,83	-7,51	9273	0,00089	-1298,8	-7,51	-32,00
32672	0,0103	-437,1	-7,83	-39,75	32207	0,00786	-1300,1	-7,51	-8,03
33696	0,0109	-437,33	-7,83	-31,50	32289	0,00336	-1300,6	-7,51	-19,01
32595	0,0119	-437,55	-7,83	-23,26	32253	0,00146	-1300,8	-7,51	-27,01
4423	0,0167	-445,04	-7,83	-0,01	4538	0,0116	-1301,8	-7,51	-0,04
32697	0,0152	-445,87	-7,83	-15,76	32616	0,000633	-1302,1	-7,51	-45,50
19970	0,0135	-446,25	-7,83	-48,00	9295	0,00292	-1302,8	-7,51	-22,01
9387	0,0142	-446,7	-7,83	-31,50	31988	0,000643	-1302,9	-7,51	-39,50
32596	0,0171	-455,85	-7,83	-39,75	32134	0,000994	-1303,2	-7,50	-34,00
31842	0,0186	-456,02	-7,83	-6,01	33759	0,00176	-1304,5	-7,50	-29,63
32673	0,018	-456,85	-7,83	-21,76	5070	0,000763	-1306	-7,50	-48,00
19962	0,0191	-456,91	-7,83	-0,02	32132	0,00544	-1306,1	-7,50	-16,52
4806	0,0204	-465	-7,82	-48,00	33622	0,00319	-1306,5	-7,50	-24,64
31809	0,0208	-466	-7,82	-30,01	32685	0,00106	-1306,8	-7,50	-42,00
9159	0,0212	-467	-7,82	-12,01	9219	0,00169	-1307,6	-7,50	-36,00
33891	0,0214	-467,89	-7,82	-6,01	32140	0,00889	-1307,8	-7,50	-8,53
4708	0,0215	-468,78	-7,82	-0,02	32403	0,00502	-1308,3	-7,50	-19,52
33699	0,0239	-474,88	-7,82	-39,00	33724	0,00256	-1308,9	-7,50	-31,63
33594	0,0238	-475,88	-7,82	-21,01	9559	0,00365	-1310,2	-7,50	-27,26
31985	0,0242	-479,76	-7,82	-6,01	19621	0,0126	-1310,8	-7,50	-0,04
19961	0,0239	-480,65	-7,82	-0,02	33725	0,00534	-1312	-7,50	-22,14
19983	0,0269	-483,75	-7,82	-48,00	32684	0,00329	-1312,5	-7,50	-34,26
9545	0,0269	-484,75	-7,82	-30,01	20308	0,0028	-1313,6	-7,50	-48,00
33727	0,0271	-488,64	-7,81	-15,01	9330	0,00727	-1313,8	-7,50	-17,02
4522	0,0262	-492,52	-7,81	-0,02	33623	0,0043	-1313,8	-7,50	-29,89
33593	0,03	-493,63	-7,81	-39,00	31984	0,0032	-1314,3	-7,50	-42,00
4908	0,0327	-502,5	-7,81	-48,00	32608	0,00585	-1315,7	-7,50	-24,76
33694	0,032	-503	-7,81	-27,01	31973	0,0107	-1316,8	-7,50	-8,53
32452	0,0311	-506,89	-7,81	-12,01	9393	0,00512	-1317,5	-7,50	-32,51
32393	0,0349	-511,88	-7,81	-36,00	32607	0,00498	-1319,3	-7,50	-40,25
19594	0,0299	-516,26	-7,80	-0,02	32402	0,00952	-1319,4	-7,50	-14,52
9325	0,0358	-521,25	-7,80	-24,01	4500	0,0139	-1319,8	-7,50	-0,04
19984	0,0371	-521,25	-7,80	-48,00	4807	0,00535	-1321,1	-7,50	-48,00
32392	0,0352	-530,63	-7,80	-12,01	32683	0,00815	-1321,2	-7,50	-22,27
32453	0,038	-530,63	-7,80	-36,00	31918	0,0126	-1322,3	-7,50	-6,03
32817	0,0375	-535,31	-7,80	-24,01	9196	0,0117	-1324,9	-7,50	-12,02
4343	0,0319	-540	-7,79	-0,02	32926	0,00894	-1327,8	-7,50	-31,26
4716	0,0387	-540	-7,79	-48,00	32936	0,00894	-1329,6	-7,49	-39,01
32930	0,0383	-544,69	-7,79	-36,01	32813	0,0118	-1331,5	-7,49	-21,02
32931	0,0356	-544,69	-7,79	-12,01	19987	0,0113	-1336,2	-7,49	-48,00
9450	0,0371	-549,38	-7,79	-24,01	19588	0,0171	-1337,7	-7,49	-0,04
19604	0,0306	-558,75	-7,79	-0,02	9448	0,0129	-1338,1	-7,49	-30,01

19981	0,0371	-558,75	-7,79	-48,00	31848	0,0168	-1340,3	-7,49	-6,03
32818	0,0349	-563,44	-7,79	-24,01	32812	0,0149	-1344,7	-7,49	-39,01
32950	0,0359	-563,44	-7,79	-36,01	32925	0,0175	-1346,9	-7,49	-15,03
32952	0,0331	-563,44	-7,79	-12,01	4910	0,0175	-1351,3	-7,49	-48,00
4529	0,0279	-577,5	-7,78	-0,02	32955	0,0188	-1353,3	-7,49	-27,02
4907	0,0328	-577,5	-7,78	-48,00	4429	0,021	-1355,7	-7,48	-0,05
9221	0,0318	-577,5	-7,78	-24,01	32870	0,0211	-1360	-7,48	-36,01
32078	0,0302	-577,5	-7,78	-12,02	32738	0,0222	-1362,2	-7,48	-12,03
32085	0,0325	-577,5	-7,78	-36,01	19988	0,0237	-1366,4	-7,48	-48,00
19603	0,0246	-596,25	-7,77	-0,02	9411	0,0244	-1368,6	-7,48	-24,02
19982	0,0271	-596,25	-7,77	-48,00	19616	0,025	-1373,7	-7,48	-0,05
31991	0,0257	-596,25	-7,77	-12,02	32739	0,027	-1375,1	-7,48	-36,01
31996	0,0269	-596,25	-7,77	-36,01	32871	0,0275	-1380,1	-7,48	-12,03
33894	0,0264	-596,25	-7,77	-24,01	4715	0,0296	-1381,5	-7,48	-48,00
4426	0,0208	-615	-7,77	-0,02	32957	0,0306	-1386,6	-7,47	-24,02
4804	0,0206	-615	-7,77	-48,00	4535	0,0287	-1391,7	-7,47	-0,05
9561	0,0207	-615	-7,77	-24,01	32215	0,0337	-1393	-7,47	-36,01
33813	0,0207	-615	-7,77	-36,01	20199	0,0353	-1396,6	-7,47	-48,00
33814	0,0208	-615	-7,77	-12,02	32262	0,0325	-1398,1	-7,47	-12,04
32365	0,0186	-623,88	-7,76	-9,02	9275	0,0364	-1404,6	-7,47	-24,02
32432	0,0176	-623,88	-7,76	-33,01	32261	0,0387	-1408,1	-7,47	-36,01
33895	0,0181	-623,88	-7,76	-21,01	19615	0,032	-1409,7	-7,46	-0,05
9311	0,0156	-632,75	-7,76	-18,01	5016	0,0402	-1411,7	-7,46	-48,00
31845	0,0143	-632,75	-7,76	-42,00	32214	0,0371	-1416,1	-7,46	-12,04
19589	0,017	-633,75	-7,76	-0,02	33628	0,0405	-1419,7	-7,46	-24,02
19969	0,0138	-633,75	-7,76	-48,00	33760	0,0425	-1423,2	-7,46	-36,01
32364	0,0121	-641,63	-7,76	-27,01	20200	0,0436	-1426,8	-7,46	-48,00
32601	0,0131	-641,63	-7,76	-18,01	4341	0,0344	-1427,6	-7,46	-0,05
32431	0,014	-642,63	-7,76	-9,02	33519	0,0399	-1431,2	-7,46	-12,04
9191	0,00842	-650,5	-7,75	-36,00	9510	0,0428	-1434,8	-7,45	-24,02
9390	0,0106	-650,5	-7,75	-18,01	33520	0,0443	-1438,3	-7,45	-36,01
32677	0,00928	-650,5	-7,75	-27,01	4836	0,0448	-1441,9	-7,45	-48,00
31977	0,00777	-651,5	-7,75	-42,00	19620	0,0354	-1445,6	-7,45	-0,05
32678	0,012	-651,5	-7,75	-9,02	33738	0,0401	-1449,2	-7,45	-12,04
4516	0,0136	-652,5	-7,75	-0,02	33627	0,0425	-1452,7	-7,45	-24,02
4899	0,00735	-652,5	-7,75	-48,00	32017	0,0434	-1456,3	-7,45	-36,01
31954	0,00589	-659,38	-7,75	-33,00	20269	0,0438	-1457	-7,45	-48,00
32602	0,00822	-659,38	-7,75	-18,01	4537	0,034	-1463,6	-7,44	-0,05
32692	0,00709	-659,38	-7,75	-24,01	32139	0,0375	-1467,1	-7,44	-12,04
31958	0,0101	-660,38	-7,75	-9,01	9232	0,0393	-1470,7	-7,44	-24,03
31981	0,00513	-660,38	-7,75	-39,00	32406	0,0405	-1471,4	-7,44	-36,01
19628	0,0121	-661,88	-7,75	-0,02	5051	0,0407	-1472,1	-7,44	-48,00
19999	0,00442	-661,88	-7,75	-48,00	19619	0,0315	-1481,6	-7,44	-0,05
9208	0,00384	-668,25	-7,75	-30,00	32018	0,0334	-1485,1	-7,44	-12,04
9212	0,00604	-668,25	-7,75	-18,01	32038	0,0361	-1486,5	-7,44	-36,01
31967	0,00475	-668,25	-7,75	-24,00	20270	0,0363	-1487,2	-7,44	-48,00
32210	0,00275	-669,75	-7,75	-39,00	32049	0,0337	-1491,9	-7,43	-27,51
32330	0,00832	-669,75	-7,75	-9,01	4433	0,028	-1499,5	-7,43	-0,05
4541	0,011	-671,25	-7,75	-0,02	4758	0,031	-1502,3	-7,43	-48,00
4916	0,00227	-671,25	-7,75	-48,00	31808	0,028	-1506,3	-7,43	-15,53
32029	0,0047	-673,69	-7,74	-18,51	31810	0,0289	-1507,6	-7,43	-39,50
32032	0,00275	-673,69	-7,74	-29,50	9160	0,0267	-1513	-7,43	-31,00
32050	0,0036	-673,69	-7,74	-23,50	19989	0,0254	-1517,3	-7,42	-48,00
32069	0,00234	-673,69	-7,74	-34,50	19598	0,0237	-1517,5	-7,42	-0,05
32124	0,00617	-673,69	-7,74	-13,51	32195	0,0232	-1522,7	-7,42	-39,50
32147	0,00189	-675,19	-7,74	-43,50	32004	0,0224	-1524,2	-7,42	-15,53
32254	0,009	-675,19	-7,74	-4,52	33917	0,0216	-1526,9	-7,42	-25,01
9238	0,00354	-679,13	-7,74	-19,00	31843	0,0206	-1529,6	-7,42	-34,50
9240	0,00204	-679,13	-7,74	-29,00	4911	0,0195	-1532,4	-7,42	-48,00
9251	0,00178	-679,13	-7,74	-39,00	4525	0,0188	-1535,5	-7,42	-0,05

9268	0,00686	-679,13	-7,74	-9,01	33838	0,0179	-1538,1	-7,42	-9,54
32051	0,00255	-679,13	-7,74	-24,00	32143	0,0167	-1539,3	-7,42	-43,00
32095	0,00184	-679,13	-7,74	-34,00	9573	0,0167	-1540,8	-7,41	-19,03
32164	0,00505	-679,13	-7,74	-14,01	33837	0,0154	-1543,5	-7,41	-28,51
19627	0,0101	-680,63	-7,74	-0,02	32395	0,0163	-1543,8	-7,41	-3,92
20000	0,00178	-680,63	-7,74	-48,00	19956	0,0163	-1544,5	-7,41	-0,05
33858	0,00176	-681,85	-7,74	-31,25	9189	0,0141	-1546,1	-7,41	-38,00
33937	0,00174	-681,85	-7,74	-36,25	33918	0,015	-1546,5	-7,41	-13,41
32043	0,00238	-682,56	-7,74	-21,50	19990	0,0134	-1547,5	-7,41	-48,00
32045	0,0019	-682,56	-7,74	-26,50	34002	0,0134	-1549,9	-7,41	-19,21
9583	0,00169	-684,56	-7,74	-33,50	9326	0,0135	-1552,1	-7,41	-7,79
32028	0,00248	-684,56	-7,74	-19,50	33950	0,0119	-1552,6	-7,41	-28,70
32070	0,00186	-684,56	-7,74	-43,50	33262	0,0136	-1552,8	-7,41	-3,92
32125	0,00817	-684,56	-7,74	-4,52	4705	0,0136	-1553,5	-7,41	-0,05
32148	0,00413	-684,56	-7,74	-14,51	31863	0,0108	-1554,4	-7,41	-43,00
32155	0,00179	-684,56	-7,74	-38,50	33869	0,0118	-1555,6	-7,41	-13,59
32204	0,00609	-684,56	-7,74	-9,51	31890	0,0103	-1556,1	-7,41	-34,50
33982	0,00165	-685,28	-7,74	-28,75	9589	0,0101	-1559,1	-7,41	-19,40
127	0,00183	-686	-7,74	-24,00	32394	0,0104	-1560,4	-7,41	-11,66
15330	0,00195	-687,17	-7,74	-21,17	32454	0,0108	-1561,8	-7,41	-3,92
15332	0,00161	-687,17	-7,74	-26,83	19955	0,011	-1562,5	-7,41	-0,05
33857	0,00172	-687,28	-7,74	-35,75	4808	0,00762	-1562,6	-7,41	-48,00
33936	0,00155	-687,28	-7,74	-30,75	33870	0,00838	-1562,6	-7,41	-25,20
126	0,00185	-690	-7,74	-20,00	33951	0,00857	-1563,9	-7,41	-17,46
128	0,0014	-690	-7,74	-28,00	31894	0,00707	-1564,3	-7,41	-39,50
4380	0,00981	-690	-7,74	-0,02	9201	0,00673	-1566,1	-7,41	-31,00
4756	0,00189	-690	-7,74	-48,00	32120	0,00676	-1567,4	-7,40	-23,26
9256	0,00565	-690	-7,74	-10,01	9266	0,00712	-1568,8	-7,40	-15,53
9259	0,00172	-690	-7,74	-38,00	33775	0,00513	-1569,8	-7,40	-42,88
32100	0,00778	-690	-7,74	-5,02	32121	0,00774	-1570,1	-7,40	-7,79
32101	0,00335	-690	-7,74	-15,01	20275	0,00498	-1570,2	-7,40	-48,00
32106	0,00185	-690	-7,74	-43,00	32061	0,00506	-1571	-7,40	-29,25
32107	0,00154	-690	-7,74	-33,00	4383	0,00835	-1571,4	-7,40	-0,05
33855	0,00464	-692,72	-7,74	-12,26	33722	0,00471	-1571,5	-7,40	-34,38
33934	0,00259	-692,72	-7,74	-17,26	32203	0,00516	-1572,4	-7,40	-21,51
15329	0,00158	-692,83	-7,74	-21,17	32162	0,00571	-1573,7	-7,40	-13,78
15331	0,00128	-692,83	-7,74	-26,83	31990	0,00648	-1575,1	-7,40	-6,04
129	0,00134	-694	-7,74	-24,00	33411	0,0047	-1575,6	-7,40	-16,77
33981	0,00207	-694,72	-7,74	-19,26	9247	0,0035	-1576	-7,40	-27,50
9582	0,00384	-695,44	-7,74	-14,51	33620	0,00319	-1576,5	-7,40	-32,63
32030	0,00117	-695,44	-7,74	-28,50	9558	0,003	-1576,9	-7,40	-37,75
32068	0,00806	-695,44	-7,74	-4,52	33621	0,00285	-1577,3	-7,40	-42,88
32129	0,00154	-695,44	-7,74	-43,50	5054	0,00273	-1577,7	-7,40	-48,00
32149	0,00595	-695,44	-7,74	-9,51	9220	0,00444	-1578,7	-7,40	-12,03
32154	0,00125	-695,44	-7,74	-33,50	33986	0,00564	-1578,9	-7,40	-4,29
32205	0,00143	-695,44	-7,74	-38,50	33362	0,00282	-1579,2	-7,40	-22,76
32042	0,00179	-697,44	-7,74	-21,50	19614	0,00581	-1580,4	-7,40	-0,05
32044	0,00115	-697,44	-7,74	-26,50	33090	0,00344	-1580,5	-7,40	-15,02
33856	0,00327	-698,16	-7,73	-16,76	32090	0,00206	-1580,7	-7,40	-30,50
33935	0,0052	-698,16	-7,73	-11,76	33723	0,00199	-1580,7	-7,40	-40,38
19624	0,01	-699,38	-7,73	-0,02	32062	0,00208	-1581	-7,40	-25,75
20113	0,00118	-699,38	-7,73	-48,00	32408	0,00189	-1581,1	-7,40	-45,50
9237	0,00294	-700,88	-7,73	-19,00	33810	0,00193	-1581,1	-7,40	-35,63
9239	0,00109	-700,88	-7,73	-29,00	9505	0,00247	-1582,4	-7,40	-18,01
9250	0,00662	-700,88	-7,73	-9,02	33883	0,00367	-1582,6	-7,40	-10,28
9270	0,000911	-700,88	-7,73	-39,00	33089	0,0015	-1584,2	-7,40	-21,01
32052	0,00179	-700,88	-7,73	-24,00	34005	0,00271	-1584,4	-7,40	-13,27
32094	0,00466	-700,88	-7,73	-14,01	9194	0,00121	-1584,6	-7,40	-43,00
32166	0,000875	-700,88	-7,73	-34,00	32059	0,00115	-1584,9	-7,40	-38,25
33842	0,00179	-703,6	-7,73	-26,25	9246	0,0011	-1585,3	-7,40	-33,50

33921	0,00284	-703,6	-7,73	-21,25
32141	0,00878	-704,81	-7,73	-4,52
32256	0,000667	-704,81	-7,73	-43,50
9575	0,00286	-706,31	-7,73	-23,50
32027	0,00414	-706,31	-7,73	-18,51
32031	0,00176	-706,31	-7,73	-29,50
32067	0,00575	-706,31	-7,73	-13,51
32128	0,0012	-706,31	-7,73	-34,50
4539	0,0107	-708,75	-7,73	-0,02
4973	0,000984	-708,75	-7,73	-48,00
33841	0,00412	-709,03	-7,73	-20,76
33922	0,00281	-709,03	-7,73	-26,75
32209	0,00795	-710,25	-7,73	-9,02
32332	0,00159	-710,25	-7,73	-39,00
9207	0,00546	-711,75	-7,73	-18,01
9213	0,00293	-711,75	-7,73	-30,00
31966	0,00402	-711,75	-7,73	-24,00
19623	0,0118	-718,13	-7,73	-0,02
20114	0,00338	-718,13	-7,73	-48,00
31962	0,00417	-719,63	-7,73	-39,00
31980	0,00961	-719,63	-7,73	-9,02
31953	0,0083	-720,63	-7,73	-15,01
32600	0,00539	-720,63	-7,73	-30,00
32691	0,00637	-720,63	-7,73	-24,01
4520	0,0131	-727,5	-7,72	-0,02
4893	0,0064	-727,5	-7,72	-48,00
31974	0,012	-728,5	-7,72	-6,02
32676	0,00698	-728,5	-7,72	-39,00
9190	0,011	-729,5	-7,72	-12,01
9389	0,0081	-729,5	-7,72	-30,00
32675	0,00938	-729,5	-7,72	-21,01
32448	0,00996	-737,38	-7,72	-39,00
32388	0,0119	-738,38	-7,72	-21,01
32599	0,0109	-738,38	-7,72	-30,01
19592	0,0163	-746,25	-7,72	-0,02
19965	0,0129	-746,25	-7,72	-48,00
9323	0,0138	-747,25	-7,72	-30,01
31844	0,0158	-747,25	-7,72	-6,02
32389	0,0165	-756,13	-7,71	-39,00
32449	0,0173	-756,13	-7,71	-15,02
4425	0,0198	-765	-7,71	-0,03
4805	0,0195	-765	-7,71	-48,00
32464	0,0198	-765,5	-7,71	-27,01
32391	0,0227	-774,38	-7,71	-36,01
32450	0,0221	-774,38	-7,71	-12,02

20276	0,00112	-1585,3	-7,40	-48,00
32060	0,000997	-1585,6	-7,40	-28,75
115	0,000918	-1586	-7,40	-24,00
33361	0,00141	-1586,2	-7,40	-19,01
9595	0,00298	-1586,4	-7,40	-8,53
15317	0,000928	-1587,2	-7,40	-21,17
15320	0,000846	-1587,2	-7,40	-26,83
33365	0,00175	-1587,2	-7,40	-15,27
32089	0,000818	-1587,6	-7,40	-30,75
33965	0,00325	-1587,9	-7,40	-4,29
31924	0,000867	-1588,7	-7,40	-45,50
33964	0,00204	-1589,2	-7,40	-10,53
4534	0,00342	-1589,4	-7,40	-0,05
114	0,000848	-1590	-7,40	-20,00
117	0,000725	-1590	-7,40	-28,00
32213	0,000909	-1590,2	-7,40	-39,38
33884	0,00237	-1590,2	-7,40	-6,79
32137	0,000858	-1590,6	-7,40	-34,63
32578	0,00104	-1591	-7,40	-16,26
32081	0,00255	-1591,7	-7,40	-2,55
9378	0,00131	-1592	-7,40	-12,52
4895	0,00123	-1592,8	-7,39	-48,00
15318	0,000688	-1592,8	-7,39	-26,83
15319	0,000741	-1592,8	-7,39	-21,17
32193	0,00097	-1592,9	-7,39	-31,88
32577	0,00154	-1593	-7,39	-8,78
32591	0,000845	-1593,8	-7,39	-19,26
116	0,000701	-1594	-7,39	-24,00
9217	0,00177	-1594,1	-7,39	-5,04
32173	0,0014	-1594,4	-7,39	-41,88
32657	0,000891	-1594,9	-7,39	-15,51
32329	0,0011	-1595,1	-7,39	-29,50
32670	0,000931	-1595,8	-7,39	-21,26
9274	0,00147	-1595,9	-7,39	-35,75
32656	0,000976	-1595,9	-7,39	-11,77
33952	0,00105	-1596,5	-7,39	-24,38
32236	0,00133	-1597,1	-7,39	-27,50
9385	0,00112	-1597,7	-7,39	-18,51
32276	0,00173	-1598,1	-7,39	-33,38
33871	0,0013	-1598,3	-7,39	-21,63
19613	0,0014	-1598,4	-7,39	-0,05
9590	0,00152	-1599	-7,39	-24,76
33872	0,00177	-1599,6	-7,39	-27,88
31965	0,00226	-1599,7	-7,39	-43,00
32005	0,00111	-1599,7	-7,39	-11,03