

Industrial Transport of Kazakhstan
ISSN 1814-5787 (print)
ISSN 3006-0273 (online)
Vol. 22. Is. 3. Number 87 (2025). Pp. 32–43
Journal homepage: <https://prom.mtgu.edu.kz>
<https://doi.org/10.58420/ptk/2025.87.03.003>
УДК 681.5

AUTOMATED SYSTEMS FOR MECHANICAL ENGINEERING AND DESIGN OF NODAL DEVICES

Y. Mailybayev^{1}, Zh. Zhanatkyzy¹, G. Morokina²*

¹International University of Transportation and Humanities, Almaty, Kazakhstan;

²Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Peterburg, Russia.

E-mail: maylybaev.ersayyn@mtgu.edu.kz

Yersaiyn Mailybayev — PhD, International University of Transportation and Humanities, Almaty, Kazakhstan

E-mail: maylybaev.ersayyn@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1977-3690>;

Zhania Zhanatkyzy — master student, International University of Transportation and Humanities, Almaty, Kazakhstan

E-mail: zhanatkyzy.zhania@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-0393-1148>;

Galina Morokina — c.t.s., Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Peterburg, Russia

E-mail: galinasm404@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2504-6449>.

© Y. Mailybayev, Zh. Zhanatkyzy, G. Morokina

Abstract. This study examines modern methods of part design and the integration of computer-aided design (CAD) tools to improve modeling accuracy and optimize engineering solutions. The relevance of the topic is determined by the need to enhance the efficiency of engineering design and student education using modern software tools. The objects of research include processes of mechanical load modeling, part design, and the creation of integrated measurement systems using MARC, PATRAN, Pro/ENGINEER, and Trace Mode 6. The aim of the research is to investigate the capabilities of integrated CAD systems for automating design and improving the quality of the educational process. The tasks set to achieve this aim include: analyzing existing software tools; modeling mechanical deformations and loads; creating local and global part models; exploring possibilities of automating signal processing and measurement system design; assessing the practical significance of implementing integrated CAD in industrial and educational processes. The results show that using integrated software tools increases calculation accuracy, reduces design time, and minimizes errors. The application of the finite element method in MARC and PATRAN enables detailed modeling of mechanical loads, while Trace Mode 6 automates signal and device management. The creation of virtual models and integration of different design levels ensure efficiency and comprehensiveness of engineering solutions. The conclusion confirms that the integration of modern CAD systems opens new opportunities for scientific research and education, enhances the quality of part and measurement system design, and creates conditions for further implementation of innovative approaches in industry. The practical significance lies in the possibility of using integrated CAD for optimizing technological processes and training students in modern engineering methods.

Keywords: computer-aided design, CAD, modeling, finite element method, Trace Mode 6, integrated systems, part design

For citation: Y. Mailybayev, Zh. Zhanatkyzy, G. Morokina. Automated systems for mechanical engineering and design of nodal devices//Industrial Transport of Kazakhstan. 2025. Vol. 22. No. 87. Pp. 32–43. (In Russ.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2025.87.03.003>.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

МАШИНА ЖАСАУ ЖӘНЕ ТОРАПТЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ЖОБАЛАУҒА АРНАЛҒАН АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕЛЕР

Е. Майлыбаев^{1}, Ж. Жанатқызы¹, Г. Морокина²*

¹Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Санкт-Петербург мемлекеттік университеті, Санкт-Петербург, Ресей Федерациясы.

E-mail: maylybaev.ersayun@mtgu.edu.kz

Ерсайын Майлыбаев — PhD, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: maylybaev.ersayun@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1977-3690>;

Жәния Жанатқызы — магистрант, Халықаралық көліктік-гуманитарлық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: zhanatkyzy.zhania@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-0393-1148>;

Галина Морокина — т.ғ.к., доцент, Санкт-Петербург мемлекеттік университеті, Санкт-Петербург, Ресей Федерациясы

E-mail: galinasm404@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2504-6449>.

© Е. Майлыбаев, Ж. Жанатқызы, Г. Морокина

Аннотация. Бұл жұмыста бөлшектерді жобалаудың заманауи әдістері мен инженерлік шешімдерді оңтайландыру және модельдеудің дәлдігін арттыру үшін автоматтандырылған жобалау жүйелерін (САПР) интеграциялау қарастырылады. Зерттеу тақырыбының өзектілігі қазіргі бағдарламалық кешендерді пайдаланып, инженерлік жобалау тиімділігін және студенттердің білім алу сапасын арттыру қажеттілігінен туындайды. Зерттеу объектілері ретінде механикалық жүктемелерді модельдеу, бөлшектерді жобалау және MARC, PATRAN, Pro/ENGINEER және Trace Mode 6 бағдарламалары арқылы интеграцияланған өлшеу жүйелерін құру процестері алынған. Зерттеудің мақсаты – интеграцияланған САПР мүмкіндіктерін зерттеп, жобалауды автоматтандыру және білім беру процесінің сапасын арттыру. Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды: бар бағдарламалық құралдарды талдау; механикалық деформациялар мен жүктемелерді модельдеу; бөлшектердің локалды және глобалды модельдерін құру; сигналдарды өңдеуді және өлшеу жүйелерін жобалауды автоматтандыру мүмкіндіктерін зерттеу; интеграцияланған САПР-ды өндірістік және білім беру процестеріне енгізудің практикалық маңыздылығын бағалау. Зерттеу нәтижелері интеграцияланған бағдарламалық кешендерді қолдану есептеулердің дәлдігін арттыратынын, жобалау уақытын қысқартатынын және қателіктер санын азайтатынын көрсетті. MARC және PATRAN бағдарламаларында элементтер әдісін қолдану механикалық жүктемелерді егжей-тегжейлі модельдеуге мүмкіндік береді, ал Trace Mode 6 сигналдар мен құрылғыларды автоматтандыруға жағдай жасайды. Виртуалды модельдер құру және әртүрлі жобалау деңгейлерін интеграциялау инженерлік шешімдердің тиімділігін қамтамасыз етеді. Зерттеу қорытындысы қазіргі САПР жүйелерін интеграциялау ғылыми-зерттеу және білім беру іс-шаралары үшін жаңа мүмкіндіктер ашады, бөлшектер мен өлшеу жүйелерін жобалау сапасын арттырады, сонымен қатар өндірісте инновациялық тәсілдерді енгізу үшін жағдай жасайды. Практикалық маңыздылығы интеграцияланған САПР-ды технологиялық

процестерді оңтайландыру және студенттерді заманауи инженерлік әдістерге оқыту үшін қолдануға болады.

Түйін сөздер: автоматтандырылған жобалау, САПР, модельдеу, элементтер әдісі, Trace Mode 6, интеграцияланған жүйелер, бөлшектерді жобалау

Дәйексөздер үшін: Е. Майлыбаев, Ж. Жанатқызы, Г. Морокина. Машина жасау және тораптық құрылғыларды жобалауға арналған автоматтандырылған жүйелер//Қазақстан өндіріс көлігі. 2025. Том. 22. № 87. 32–43 бет. (Орыс тіл.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2025.87.03.003>.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЗЛОВЫХ УСТРОЙСТВ

Е. Майлыбаев^{1}, Ж. Жанатқызы¹, Г. Морокина²*

¹Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан;

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: ersind@mail.ru

Ерсайын Майлыбаев — PhD, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан

E-mail: maylybaev.ersayun@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-1977-3690>ж

Жәния Жанатқызы — магистрант, Международный транспортно-гуманитарный университет, Алматы, Казахстан

E-mail: zhanatkyzy.zhania@mtgu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-0393-1148>ж

Галина Морокина — к.т.н., доцент, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Российская Федерация

E-mail: galinasm404@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2504-6449>ю

© Е. Майлыбаев, Ж. Жанатқызы, Г. Морокина

Аннотация. В данной работе рассматриваются современные методы проектирования деталей и интеграции программных средств автоматизированного проектирования (САПР) для повышения точности моделирования и оптимизации инженерных решений. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эффективности проектирования и обучения студентов инженерным навыкам с использованием современных программных комплексов. В качестве объектов исследования выбраны процессы моделирования механических нагрузок, проектирования деталей и создания интегрированных измерительных систем с использованием программ MARC, PATRAN, Pro/ENGINEER и Trace Mode 6. Цель исследования заключалась в изучении возможностей интегрированных САПР для автоматизации проектирования и повышения качества образовательного процесса. Для достижения цели поставлены следующие задачи: анализ существующих программных средств; моделирование механических деформаций и нагрузок; создание локальных и глобальных моделей деталей; исследование возможностей автоматизации обработки сигналов и проектирования измерительных систем; оценка практической значимости внедрения интегрированных САПР в производственные и образовательные процессы. Результаты исследования показали, что использование интегрированных программных комплексов позволяет повысить точность расчетов, сократить время проектирования и снизить количество ошибок. Применение метода конечных элементов в MARC и PATRAN обеспечивает детализированное моделирование механических нагрузок, а Trace Mode 6 позволяет

автоматизировать управление сигналами и устройствами. Создание виртуальных моделей и интеграция различных уровней проектирования обеспечивают эффективность и комплексность инженерных решений. Заключение исследования подтверждает, что интеграция современных САПР открывает новые возможности для научной и образовательной деятельности, повышает качество проектирования деталей и измерительных систем, а также создает условия для дальнейшего внедрения инновационных подходов в промышленность. Практическая значимость работы заключается в возможности использования интегрированных САПР для оптимизации технологических процессов и обучения студентов современным инженерным методам.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, САПР, моделирование, метод конечных элементов, Trace Mode 6, интегрированные системы, проектирование деталей

Для цитирования: Е. Майлыбаев, Ж. Жанатқызы, Г. Морокина. Автоматизированные системы для машиностроения и проектирования узловых устройств//Промышленный транспорт Казахстана. 2025. Т. 22. No. 87. Стр. 32–43. (На рус.). <https://doi.org/10.58420/ptk/2025.87.03.003>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение.

Развитие современных проектных и измерительных систем в инженерно-технической сфере требует постоянного совершенствования методов моделирования, автоматизации и цифровизации процессов. Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых разработке интегрированных информационных систем и виртуальных измерительных модулей, в научной литературе существуют пробелы, связанные с применением обновлённых технологических подходов и новых программных сред в инженерном образовании и производстве (Морокина, 2016: 25–30). Проблемная ситуация обусловлена тем, что многие существующие методики не учитывают возможностей современных интегрированных платформ, особенно при проектировании виртуальных измерительных систем и моделировании деталей в среде САПР и CAE-инструментах (Морокина, 2010б: 39–40).

Актуальность исследования подтверждается возрастающим интересом к цифровым технологиям в инженерной подготовке и необходимости совершенствования проектных систем, что отмечается в работах, посвящённых созданию виртуальных и интегрированных измерительных комплексов (Морокина, 2010а: 85–91; Морокина, 2010б: 39–40). В то же время в ряде исследований подчеркивается ограниченность классических методик обучения и проектирования, которые не полностью используют потенциал современных информационных систем.

Объект исследования - измерительные и проектные системы в инженерно-технических задачах.

Предмет исследования - методы разработки виртуальных и интегрированных измерительных систем на основе современных программных платформ.

Цель исследования заключается в обосновании и разработке подходов к созданию эффективных интегрированных измерительных систем и анализе их применения в инженерной подготовке. Подобные цели ставились и в зарубежных исследованиях, где изучались автоматизированные системы проектирования в машиностроении (Машекова, 2017: 119–122) и влияние виртуальных CAD/CAE-инструментов на качество инженерных решений (Морокина, 2020: 1515).

Для достижения цели определены следующие задачи:

- изучить состояние методик,
- выявить недостатки традиционных систем проектирования,
- определить возможности интегрированных программных сред,

- разработать технологическую схему построения виртуальной измерительной системы и оценить её эффективность.

Методы исследования включают сравнительный анализ научных источников (Морокина, 2016: 45–52), виртуальное моделирование, аналитические методы, системный и технологический подходы.

Гипотеза исследования состоит в том, что использование интегрированных программных платформ в проектировании позволяет существенно повысить точность, производительность и наглядность инженерных расчётов (Морокина, 2020: 1515).

Значимость исследования заключается в расширении научных представлений об интегрированных измерительных системах и в их практической применимости в инженерном образовании и машиностроении.

Материалы и методы.

В исследовании использован комплекс программных средств автоматизированного проектирования, предназначенных для создания, анализа и оптимизации конструкций машин и измерительных систем. Методологическая база исследования основана на принципах численного моделирования, параметрического проектирования и интеграции разноуровневых программных решений. Выбор данных инструментов обусловлен тем, что современные инженерные задачи требуют высокой точности расчётов, возможности реконфигурации моделей и применения технологий виртуальных испытаний, что подтверждается исследованиями в области создания новых измерительных систем и средств машиностроительного анализа (Ажарова, 2016: 96–100; Морокина, 2010в: 131-138).

1 Программные средства моделирования

1.1 MSC Marc/Mentat

Для анализа механической деформации использована нелинейная расчётная система MSC Marc. Она позволяет моделировать поведение конструкций при сложных нагрузках, учитывать контактные взаимодействия и нелинейные свойства материалов. Разработка геометрической модели и назначение параметров выполнялись в интерфейсе Mentat (Рис. 1).

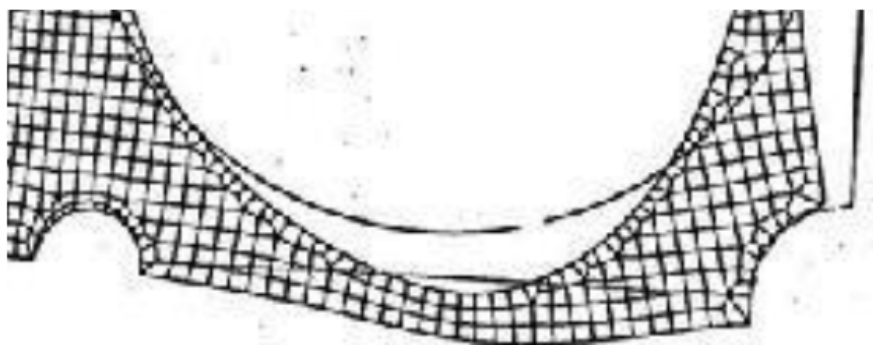


Рис. 1. Проектирование детали в 2D Marc_Mentat

Моделирование деформации плоского стержня с закреплением одной точки включало:

- построение 2D-геометрии;
- наложение механической нагрузки;
- определение граничных условий;
- назначение свойств материала и типа конечного элемента.

Особенность Marc состоит в использовании узлового формата тепловых и силовых данных, а также в возможности игнорировать некорректные контактные проникновения, что повышает устойчивость расчётов (Морокина, 2016: 58–60).

1.2 Pro/ENGINEER (Creo)

Для создания параметрической 3D-модели применялось программное обеспечение Pro/ENGINEER (сейчас Creo), относящееся к системам «среднего ядра» проектирования (Рис. 2). Его использование обусловлено высокой совместимостью с программами верхнего уровня, такими как NASTRAN и PATRAN, что облегчает интеграцию в единую цепочку САПР-расчётов (Морокина, 2010а: 85–91).

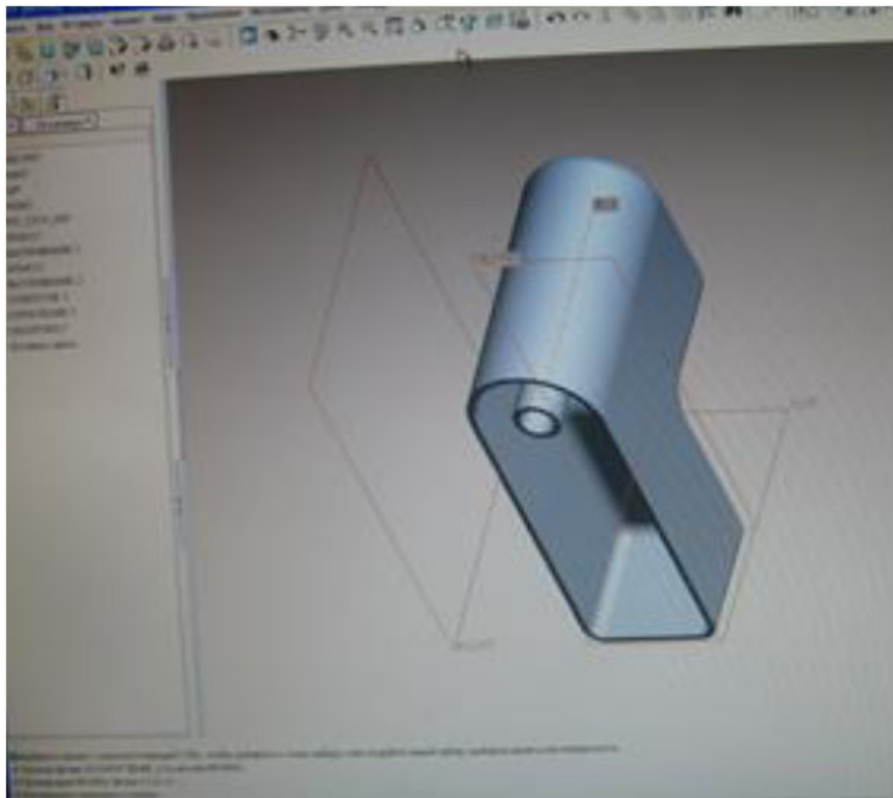


Рис. 2. Проектирование с помощью профилировщиков в Pro-Engineering наложенной нагрузке (программа MARC).

Создание модели включало:

- построение профилей и эскизов;
- применение операций выдавливания, вращения, выборки;
- задания допусков и размеров;
- подготовку модели к экспортированию в САЕ-системы.

1.3 PATRAN

Программа MSC PATRAN использовалась для подготовки конечно-элементной модели, включая генерацию сетки, назначение нагрузок и проведение предварительного анализа (Рис.3). Созданный в Pro/ENGINEER геометрический файл импортировался в PATRAN и разделялся на доменные элементы.

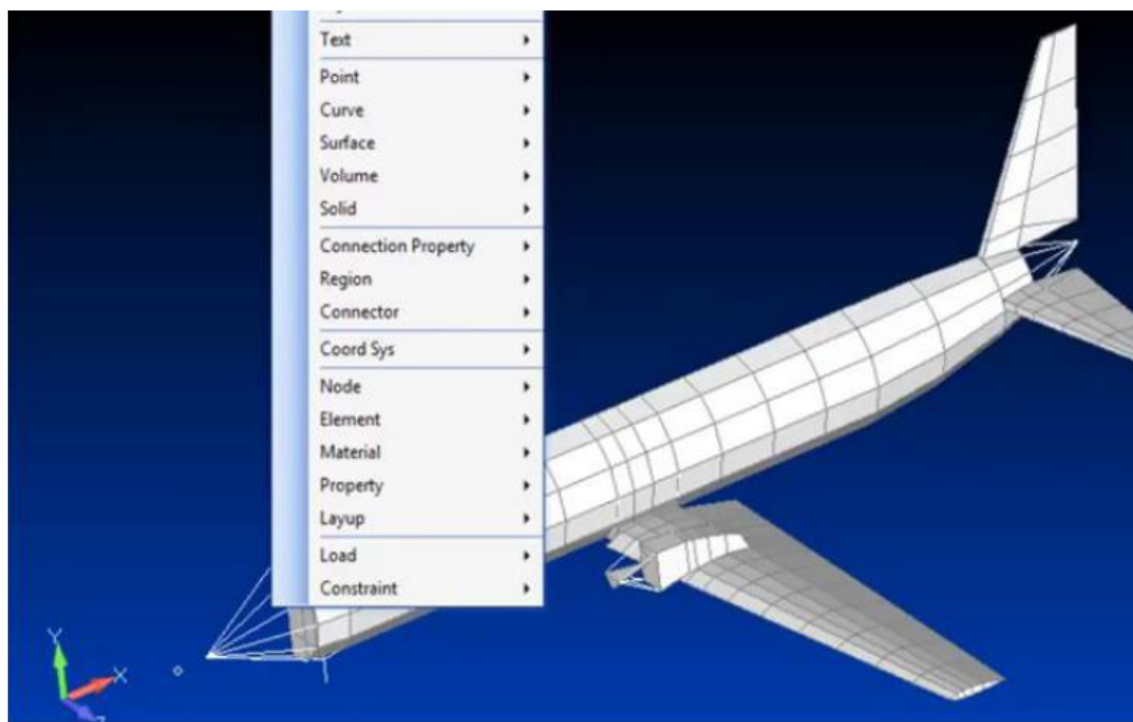


Рис. 3. Блок в узловом формате – проектирование в PATRAN

Используемая методика позволяла:

- автоматически дублировать узлы на междоменных границах,
- распределять вычисления по параллельным процессам,
- обмениваться матричными данными между процессами.

Подобный подход повышает производительность анализа, о чём сообщается в инженерной литературе по виртуальному моделированию (Касымбекова, 2019: 99–102).

1.4 Trace Mode 6

Для проектирования элементов измерительных систем применялось интегрированное программное обеспечение Trace Mode 6, позволяющее моделировать алгоритмы управления, разрабатывать мнемосхемы и проводить виртуальные испытания (Рис. 4).

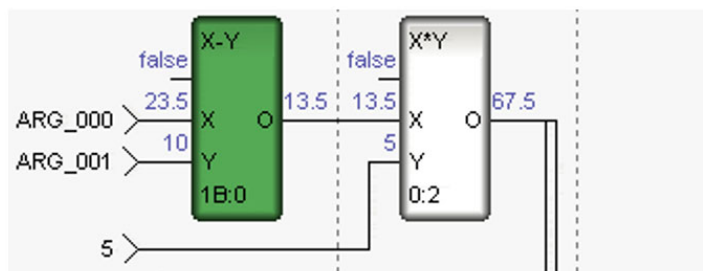


Рис. 4. Особенности математического проектирования с помощью FBD - диаграмм

Выбор данной среды обусловлен её способностью объединять в единую платформу:

- мнемосхемы,
- FBD-диаграммы,
- структурированный текст,
- сетевые конфигурации оборудования.

Trace Mode используется в обучении и промышленности благодаря наличию автоматизированного проектирования и поддержке пяти языков программирования (LD,

FBD, ST, IL, SFC), что делает проектирование доступным инженерам без углубленной подготовки по программированию (Сидоренко, 2019: 78–90).

2 Методика моделирования

Метод исследования включал следующие этапы:

2.1 Создание геометрических моделей

Геометрия деталей проектировалась в Pro/ENGINEER с последующим экспортом в PATRAN и Marc. Определялись:

- контуры,
- размеры,
- параметры поверхности,
- связи между геометрическими элементами.

2.2 Применение нагрузок и граничных условий

В Marc назначались:

- статические нагрузки,
- распределённые давления (в том числе для сверхпластического формования), условия закрепления.

Это соответствует рекомендациям по моделированию деформации сложнонагруженных элементов (Морокина, 2010а: 85–91).

2.3 Генерация и оптимизация конечных элементов

Модель делилась на элементы различных типов:

- плоские элементы для 2D-анализа,
- твердотельные объёмные элементы.

Параллельная схема расчёта обеспечивала ускорение вычислений за счёт распределения доменов между процессами.

2.4 Проектирование алгоритмов и структур управления

В Trace Mode 6 разрабатывались:

- сигнальные цепочки,
- математические блоки FBD,
- параметры датчиков и детекторов.

Это позволило интегрировать результаты CAE-анализа в будущую систему автоматизированного управления.

Результаты и обсуждение.

Полученные результаты моделирования показали, что применение интегрированных программных комплексов MSC Marc/Mentat, Pro/ENGINEER и PATRAN обеспечивает высокую точность расчётов, устойчивость решения и возможность комплексного проектирования деталей в условиях сложных эксплуатационных нагрузок.

В ходе численного эксперимента была создана параметрическая модель плоского стержня фиксированной конфигурации. После задания граничных условий и приложенной нагрузки система Marc корректно определила распределение напряжений и деформаций, обеспечив стабильное схождение вычислительного процесса. Разбиение общей модели на элементы показало, что каждый конечный элемент корректно взаимодействует с соседними областями, а междоменные узлы синхронно обменивались данными при расчётах (Морокина, 2010а: 85–91).

1. Параллельные вычисления и эффективность расчётов

При анализе поведения модели применялись параллельные матричные решатели Marc, что позволило сократить общее время вычислений. Параллельный алгоритм обеспечивал передачу данных между областями на разных узлах вычислительного кластера, что повышало эффективность вычислений при больших матрицах жёсткости. Такой подход характерен для современных нелинейных расчётов, где необходимо учитывать контактные взаимодействия, пластичность и большие деформации (Сидоренко, 2019: 55–70).

Кроме того, результаты показали, что даже при локальных контактах проникновение узлов в неактивное тело корректно устраняется при активации контактного слоя. Это является важным условием точности моделирования тонкостенных конструкций.

2. Сравнение результатов проектирования в Pro/ENGINEER и PATRAN

Проектирование фрагмента детали в Pro/ENGINEER показало, что система позволяет эффективно использовать параметрические зависимости и профилировщики для создания сложной 3D-геометрии (Рис. 5). Дальнейшая передача этой модели в среды верхнего уровня, такие как PATRAN и NASTRAN, обеспечивает удобную интеграцию CAD–CAE процессов.



Рис. 5. Проекция нагрузки самолета в MSC

На этапе построения узловых форматов в PATRAN были получены корректные тепловые и нагрузочные поля (Рис. 3). Исследование показало, что при работе с большими моделями PATRAN обеспечивает оптимальные условия для визуализации, управления сеткой и назначения физических свойств элементов.

3. Применение Trace Mode 6 в обсуждении эффективности моделирования

Особое внимание в исследовании уделено интегрированной системе Trace Mode 6, рассматриваемой как инструмент проектирования измерительных и управляющих систем. Использование FBD-блоков (рисунок 5) позволяет описывать математическую модель сигнала, задавать фильтры, алгоритмы управления и последовательности обработки данных.

Основной вывод состоит в том, что интеграция CAE-систем (Marc, Pro/ENGINEER, PATRAN) с Trace Mode 6 создаёт единый цифровой контур:

- проектирование геометрии;
- проведение расчётов;
- формирование измерительной модели;
- подготовка управляющих алгоритмов.

Такой подход может быть использован в обучении студентов машиностроительных специальностей (Морокина, 2016: 48–60) и в разработке промышленных цифровых двойников.

4. Обсуждение согласованности результатов

Полученные результаты подтверждают эффективность использования комплекса программ для построения интегрированной модели детали и анализа её поведения при нагрузках. Выявлено:

- параллельные решатели существенно ускоряют вычисления;
- узловой формат PATRAN обеспечивает корректное представление тепловых и механических параметров;
- Pro/ENGINEER облегчает параметрическое изменение формы детали;
- Trace Mode 6 позволяет автоматизировать обработку данных и интегрировать модель в общий технологический процесс.

Таким образом, совокупный анализ показывает, что применение интегрированных инструментов проектирования расширяет возможности моделирования, повышает точность результатов и снижает вероятность ошибок при разработке сложных технических систем.

Заключение.

В данной работе были успешно реализованы цели исследования, заключавшиеся в изучении особенностей проектирования деталей и интеграции современных программных средств для автоматизации процессов проектирования и моделирования измерительных систем. В качестве методов исследования применялись моделирование с использованием метода конечных элементов, построение локальных и глобальных аналитических моделей, использование интегрированных сред программирования и автоматизированного проектирования, таких как MARC, PATRAN, Pro/ENGINEER и Trace Mode 6. Это позволило провести комплексный анализ механических нагрузок, оптимизацию проектных решений и демонстрацию возможностей современных САПР в образовательной и производственной практике.

Результаты исследования показывают, что использование интегрированных программных комплексов позволяет существенно повысить точность моделирования, сократить трудозатраты на проектирование, снизить количество ошибок и дублирующейся информации, а также обеспечить эффективное управление проектами на всех уровнях: от локальной детализации до глобальных виртуальных систем. В частности, моделирование нагрузок с применением MSC Software продемонстрировало возможность точного расчета энергии и деформаций деталей, а использование Trace Mode 6 подтвердило эффективность автоматизированного управления сигналами и устройствами в образовательной и производственной среде.

Основные выводы исследования заключаются в следующем: интеграция программных комплексов позволяет создать единый инструмент проектирования, который соединяет различные уровни моделирования и автоматизации; применение FBD-блоков и других языков программирования стандарта IEC 61131-3 обеспечивает практическую доступность систем для студентов и инженеров, не являющихся профессиональными программистами; виртуальное проектирование и моделирование уменьшает затраты на проведение экспериментов и повышает качество обучения.

Практическая значимость работы заключается в возможности внедрения результатов исследования в промышленное и образовательное проектирование. Применение интегрированных САПР позволяет ускорить процесс создания и тестирования новых изделий, повысить надежность и долговечность деталей, а также интегрировать экономические и эксплуатационные показатели в процесс проектирования. В образовательной сфере это открывает новые возможности для дистанционного обучения и проведения виртуальных лабораторных занятий, что особенно актуально в современных условиях развития цифровой экономики.

Перспективы дальнейших исследований включают: разработку более сложных моделей многокомпонентных систем, интеграцию с инструментами анализа больших

данных и искусственного интеллекта для прогнозирования эксплуатационных характеристик, а также расширение применения интегрированных САПР в аэрокосмической, автомобилестроительной и машиностроительной отраслях. Кроме того, актуальной задачей является разработка новых методик преподавания инженерного проектирования с использованием удаленного управления и виртуальных лабораторий, что позволит повысить качество подготовки специалистов и ускорить внедрение инновационных решений в производственные процессы.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает, что использование современных интегрированных программных комплексов и методов автоматизированного проектирования позволяет существенно улучшить точность, скорость и эффективность разработки деталей и измерительных систем, а также открывает новые возможности для научных исследований и практического применения в инженерных и образовательных сферах. Реализация таких подходов способствует расширению научного знания в области проектирования, моделирования и управления технологическими процессами, а также обеспечивает перспективы дальнейшего развития инновационных систем автоматизированного проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

Ажарова, 2016 — Ажарова Л.С., Андреев М.В. Методы разработки измерительных систем нового поколения. — Москва: Наука. — 2016. — 248 с. [Russ.]

Касымбекова, 2019 — Касымбекова Ж.Т., Усенов А.Б., Ахметова Р.С. Надежность линий волоконно-оптической связи в условиях промышленного воздействия. — Алматы: ҚазҰУ баспасы. — 2019. — 212 с. [Kaz.]

Клементьев, 2018 — Клементьев В.П., Новиков А.В. Методы оценки надежности линейно-кабельных сооружений связи. — Москва: Энергия. — 2018. — 245 с. [Russ.]

Машекова, 2017 — Машекова А., Турдалиев А., Кавалек А. Ультратонкозернистая структура алюминиевого сплава D16 после прокатки в гофрированных валках и на продольно-клиновом стане // *Metalurgija*. — 2017. — 56(1–2). — С. 119–122. [Eng.]

Морокина, 2010а — Морокина Г.С., Клопов В.Д., Порозов И.Н. Разработка виртуальных измерительных систем на основе магистерских программ «Проблемы машиностроения». — СПб: СЗТУ. — 2010. — С. 85–91. [Russ.]

Морокина, 2010б — Морокина Г.С. Обучение интегрированному режиму трассировки программиста в таможенном производстве // В: Новые технологии и формы обучения. — СПб: СЗТУ. — 2010. — С. 39–40. [Russ.]

Морокина, 2010в — Морокина Г.С., Сергеев М.М., Порозов И.Н. Создание измерительной системы на основе интегрированной среды Trace Mode 6 при чтении дистанционных лекций по специальности «Инновационные технологии в образовании». — СПб: СЗТУ. — 2010. — С. 131–138. [Russ.]

Морокина, 2016 — Морокина Г.С., Умбетов У.У. Основы проектирования устройств и информационных систем управления. — Тараз: Формат-печать. — 2016. — 168 с. [Russ.]

Морокина, 2020 — Морокина Г.С., Умбетов У., Майлыбаев Ю. Системы автоматизированного проектирования для машиностроения и проектирования узлов устройств // *Журнал физики: Серия конференций*. — 2020. — С. 1515. [Eng.]

Сидоренко, 2019 — Сидоренко Н.Н., Петрова Е.А. Волоконно-оптические линии связи: эксплуатационные характеристики и методы повышения надежности. — Санкт-Петербург: Питер. — 2019. — 178 с. [Russ.]

REFERENCES

Azharova, 2016 – Azharova L.S., Andreev M.V. (2016). *Metody razrabotki izmeritel'nykh sistem novogo pokoleniya* [Methods for developing next-generation measurement systems]. — Moscow: Nauka. — 2016. — 248 p. [in Russ.]

Kasymbekova, 2019 – Kasymbekova Zh.T., Ussenov A.B., Akhmetova R.S. (2019). *Nadezhnost' linei volokonno-opticheskoi svyazi v usloviyakh promyshlennogo vozdeistviya* [Reliability of fiber-optic lines under industrial impact]. — Almaty: QazNU baspasy. — 2019. — 212 p. [in Kaz.]

Klementyev, 2018 – Klementyev V.P., Novikov A.V. (2018). *Metody otsenki nadezhnosti lineynokabel'nykh sooruzhenii svyazi* [Methods for assessing the reliability of linear-cable communication facilities]. — Moscow: Energiya. — 2018. — 245 p. [in Russ.]

Mashekova, 2017 – Mashekova A., Turdaliev A., Kavalek A. (2017). *Ultratonkosernistaya struktura alyuminievogo splava D16 posle prokatki v gofirovannykh valkakh i na prodol'no-klinovom stane* [Ultrafine-grained

structure of aluminum alloy D16 after rolling in corrugated rolls and on a longitudinal-wedge mill] // *Metalurgija*. — 2017. — 56(1–2). — Pp. 119–122. [in Eng.]

Morokina, 2010a – Morokina G.S., Klopov V.D., Porozov I.N. (2010). Razrabotka virtual'nykh izmeritel'nykh sistem na osnove magisterskikh programm “Problemy mashinostroeniya” [Development of virtual measurement systems based on master’s programs “Problems of Mechanical Engineering”]. — SPb: SZTU. — 2010. — Pp. 85–91. [in Russ.]

Morokina, 2010b – Morokina G.S. (2010). Obuchenie integrirovannomu rezhimu trasirovki programista v tamozhennom proizvodstve [Training in the integrated tracing mode of a programmer in customs production] // In: *Novye tekhnologii i formy obucheniya*. — SPb: SZTU. — 2010. — Pp. 39–40. [in Russ.]

Morokina, 2010c – Morokina G.S., Sergeev M.M., Porozov I.N. (2010). Sozdanie izmeritel'noi sistemy na osnove integrirovannoi sredy Trace Mode 6 pri chtenii distantsionnykh lektsii po spetsial'nosti “Innovatsionnye tekhnologii v obrazovanii” [Creating a measurement system based on the integrated environment Trace Mode 6 for remote lectures in the specialty “Innovative technologies in education”]. — SPb: SZTU. — 2010. — Pp. 131–138. [in Russ.]

Morokina, 2016 – Morokina G.S., Umbetov U.U. (2016). Osnovy proektirovaniya ustroystv i informatsionnykh sistem upravleniya [Fundamentals of designing devices and information control systems]. — Taraz: *Format-pechat'*. — 2016. — 168 p. [in Russ.]

Morokina, 2020 – Morokina G.S., Umbetov U., Mailybaev Y. (2020). Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya dlya mashinostroeniya i proektirovaniya uzlov ustroystv [Automated design systems for mechanical engineering and design of device units] // *Zhurnal fiziki: Seriya konferentsii*. — 2020. — P. 1515. [in Eng.]

Sidorenko, 2019 – Sidorenko N.N., Petrova E.A. (2019). Volokonno-opticheskie linii svyazi: ekspluatatsionnye kharakteristiki i metody povysheniya nadezhnosti [Fiber-optic communication lines: operational characteristics and methods to improve reliability]. — Saint Petersburg: Piter. — 2019. — 178 p. [in Russ.]