

УДК 620.178.193.16

**З.А. Ибрагимова\*, Ф.Э. Жилкибаев, Д.Е. Жардемов, А.Н. Нұрсұлтан, Н.Н. Арынов**

PhD, доцент, ЮКУ им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан  
магистрант, ЮКУ им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан

\*Автор для корреспонденции: Zaure\_1983\_as@mail.ru

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

### **Аннотация**

Статья рассматривает методы проектирования, включая актуальные системы CAD/CAM/CAE, способствуют автоматизации проектных процессов, позволяя симулировать технологические операции и снижать риск появления дефектов. Также значимо использовать 3D-моделирование для предсказания конструкторских задач.

Разработка модели поршневой детали является ключевым этапом в области инженерии. Поршень, будучи важнейшей составляющей двигателей и различных механизмов, требует тщательного анализа и проектирования. Процесс моделирования поршня предполагает применение современных приложений CAD, которые предоставляют дизайнерам возможность визуализировать и проверять различные параметры детали. В ходе моделирования формируется трёхмерное изображение, которое можно применять для последующего анализа и испытаний, включая симуляции работы в различных условиях нагрузки. Таким образом, разработка модели поршня не только оптимизирует процесс его производства, но и способствует увеличению эффективности и надежности всей системы, к которой он относится.

**Ключевые слова:** точность, моделирование, поршень, статический расчет, нагрузка, автоматизированное проектирование.

Увеличение точности в машиностроении предполагает, что изделие соответствует заданным характеристикам, указанным в конструкторской документации. Достижение идеальной точности невозможно за один производственный цикл, так как на каждом этапе присутствует определенный уровень погрешности. Существует классификация точности, которая определяет уровень допустимых отклонений для каждого изделия.

Процессы повышения точности в производстве деталей являются ключевыми в области механической обработки и в требовании к станкам. Это особенно важно в условиях, когда применяется компьютерное моделирование, минимизирующее участие человека. Одним из основных способов повышения точности обработки является разработка и внедрение систем управления технологическим оборудованием, которые позволяют изготавливать детали с учетом различных факторов: технические характеристики, состояние станка, качество инструмента и состояние заготовки [1].

Повышение точности в процессе производства требует тщательного подхода: важен выбор методов усовершенствования и моделирования технологических процессов. На сегодняшний день, в эпоху цифровизации и автоматизации, необходимо постоянно обновлять оборудование, используя современные станки с повышенной точностью и возможностью числового программного управления (ЧПУ).

Следующий важный аспект – калибровка и регулярное обслуживание машин. Нужно систематически контролировать техсостояние оборудования и производить его настройку для снижения износа и предотвращения отклонений от программы работы станка для точной обработки [2].

Также стоит обратить внимание на прочность конструкции станка. Используемые материалы и смоделированный технологический процесс должны обеспечивать минимальный уровень вибраций и шума.

Качество применяемых материалов оказывает значительное влияние на точность изготавливаемых деталей. Контроль физических характеристик и химического состава сырья является обязательным на этапе приемки [3].

Работа с надежными поставщиками и применение сертифицированных материалов с минимальными дефектами улучшает точность изготовления изделий.

Методы проектирования, такие как современные системы CAD/CAM/CAE, помогают в автоматизированном проектировании, позволяя моделировать технологические процессы и минимизировать вероятность возникновения дефектов. Также важно применять 3D-моделирование для прогнозирования конструктивных задач [4].

Создание модели поршневой детали является важной задачей в инженерии. Поршень, как ключевой элемент в двигателях и механизмах, подвергается тщательному анализу и проектированию. Моделирование поршня включает в себя использование современных САД-программ, которые позволяют дизайнерам визуализировать и тестировать различные аспекты детали.

Процесс моделирования требует учёта множества факторов, таких как форма, материал и эксплуатационные характеристики. Поршень должен быть спроектирован так, чтобы обеспечить оптимальное сцепление с цилиндром и минимизировать возможные утечки. Также необходимо учитывать термические нагрузки и условия работы, чтобы гарантировать долговечность элемента [5-6].

В результате моделирования создаётся трёхмерная модель, которая может быть использована для дальнейшего анализа и тестирования, включая симуляции работы под различными нагрузками. Таким образом, создание модели поршня не только улучшает процесс его производства, но и способствует повышению эффективности и надёжности всей системы, к которой он принадлежит [7].

Создаем 3D модель, определяем точки закрепления, в данной детали это 4 отверстия с диаметрами 6,5 мм и 11 мм. Далее, прикладываем такие нагрузки как сила, давление и температура. Температура будет действовать на стенки основания поршня, значение определено из эксплуатационных характеристик равно 200<sup>0</sup>С. Давление будет действовать на основание поршня, значение определено из эксплуатационных характеристик данной детали и равно 5 МПа [8].

Сила будет действовать на основание поршня, относительно оси У, значение определенное из условий эксплуатации равно 10 кН. На рис. 1 показана конечно-элементная сетка детали поршень. Главной целью проведения расчета было определить, как справиться деталь поршень с нагрузками, которые будет определено действовать на него в период эксплуатации. Статический расчет был произведен с помощью программы АРМ (рис. 1).

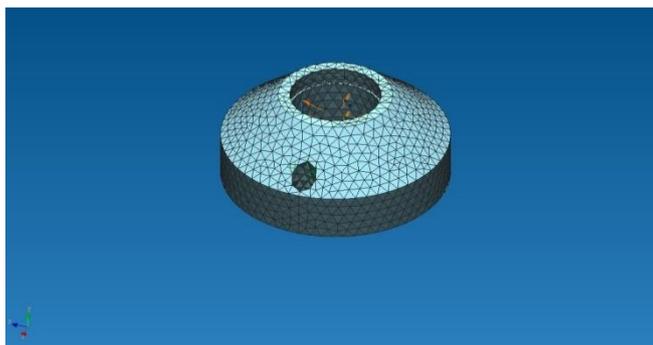


Рис. 1 – Конечно-элементная сетка детали поршень

Передаем полученную модель конечных элементов в систему APM structure (рис. 2). Затем осуществляем статический анализ и выявляем характеристики.

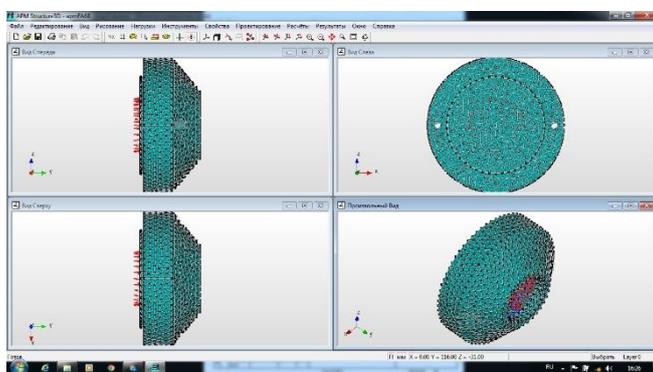


Рис. 2 – Деталь поршень в APM structure

На данном этапе важно провести детальную проверку на устойчивость конструкции, исследуя поведение модели под действием различных внешних нагрузок. Применяем методику, позволяющую учитывать все возможные варианты воздействия, включая статические и динамические силы. По завершении расчетов проводим анализ полученных результатов (рис. 3, 4, 5 б) [9].

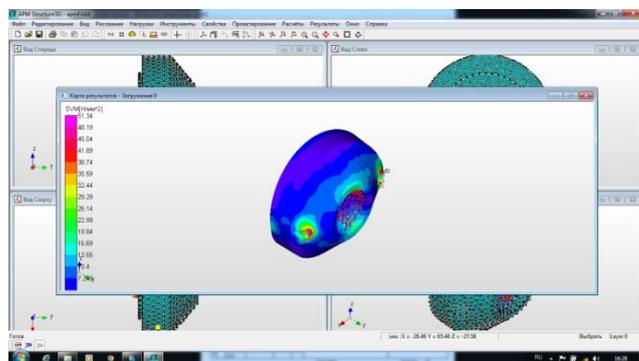


Рис. 3 – Карта результатов – загрузка

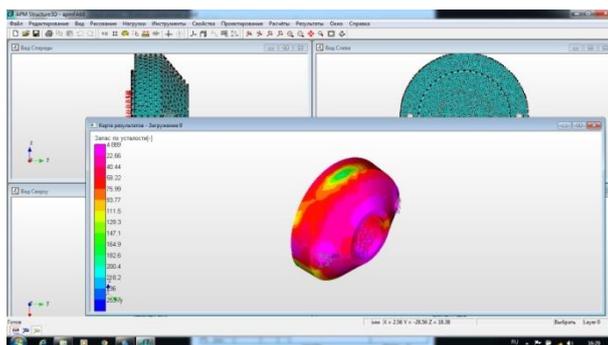


Рис. 4 – Карта результатов – Запас по усталости

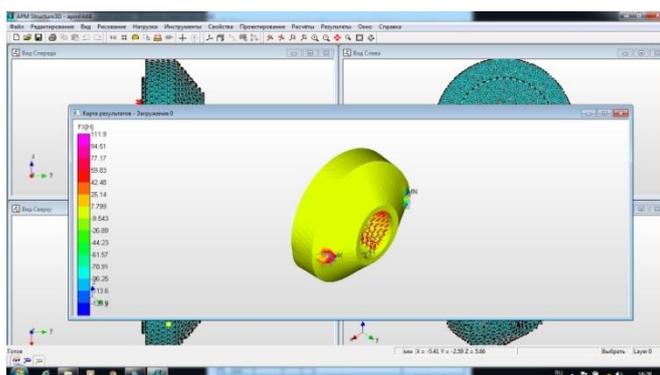


Рис. 5 – Карта результатов – Силовые нагрузки

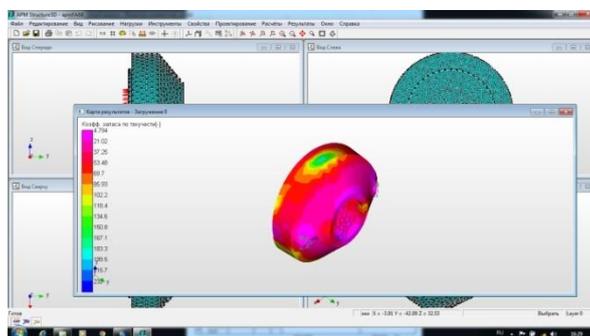


Рис. 6 – Карта результатов – Коэффициент запаса по текучести

С помощью данного статического расчета можно сделать вывод, что деталь успешно справится к таким нагрузкам во время ее эксплуатации. Коэффициент запаса по усталости составляет 4,889. Коэффициент запаса по текучести составляет 4,794. С помощью данного статического расчета можно сделать вывод, что деталь успешно справится с такими нагрузками во время ее эксплуатации [10]. Подтверждение этого факта достигается не только благодаря теоретическому анализу, но и практическому моделированию, которое было проведено с использованием современных компьютерных имитационных технологий. Эти технологии позволяют учитывать не только статические, но и динамические нагрузки.

Благодаря высококачественным материалам и точной технологии производства, а также тщательному контролю на всех этапах, детали демонстрируют стабильную работу и высокую производительность. Это создает уверенность у потребителей в их безопасности и эффективности, что особенно важно в условиях современных требований к оборудованию и его эксплуатации. Таким образом, можно с уверенностью утверждать, что деталь отвечает

всем необходимым критериям и рекомендована для использования в соответствующих сферах.

### **Список литературы**

1. Моделирование экономических процессов: Учебник / Под ред. М.В. Грачевой, Ю.Н. Черемных. - М.: Юнити, 2015. – 543 с.
2. Труды ИСА РАН: Системное моделирование. Наукометрия и управление наукой. Распознавание образов / Под ред. С.В. Емельянова. – М.: Ленанд, 2015. – 104 с.
3. Акопов, А.С. Имитационное моделирование: Учебник и практикум для академического бакалавриата / А.С. Акопов. - Люберцы: Юрайт, 2016. – 389 с.
4. Аксенов, М.И. Моделирование электропривода: Учебное пособие / М.И. Аксенов. - М.: Инфра-М, 2014. – 104 с.
5. Алдрич, У. Конструирование и моделирование одежды для детей и подростков. Классический британский метод / У. Алдрич. – М.: Эксмо, 2017. – 224 с.
6. Александров, А., Ю. Математическое моделирование и исследование устойчивости биологических сообществ: Учебное пособие / А.Ю. Александров, А. Платонов. - СПб.: Лань, 2016. – 272 с.
7. Александров, А.Ю. Математическое моделирование и исследование устойчивости биологических сообществ: Учебное пособие / А.Ю. Александров, А.В. Платонов и др. - СПб.: Лань, 2017. – 320 с.
8. Александров, В.А. Моделирование технологических процессов лесных машин: Учебник / В.А. Александров, А.В. Александров. – СПб.: Лань, 2016. - 368 с.
9. Александров, В.А. Моделирование технологических процессов лесных машин: Учебник / В.А. Александров. - СПб.: Лань, 2016.– 368 с.
10. Алексеев, Д.В. Введение в компьютерное моделирование физических задач: Использование Microsoft Visual Basic / Д.В. Алексеев. - М.: Ленанд, 2019. - 272 с.

### **References**

1. Modelirovanie jekonomicheskikh processov: Uchebnik / Pod red. M.V. Grachevoj, Ju.N. Cheremnyh. - M.: Juniti, 2015. – 543 c.
2. Trudy ISA RAN: Sistemnoe modelirovanie. Naukometrija i upravlenie naukoj. Raspoznawanie obrazov / Pod red. S.V. Emel'janova. – M.: Lenand, 2015. – 104 c.
3. Akopov, A.S. Imitacionnoe modelirovanie: Uchebnik i praktikum dlja akademicheskogo bakalavriata / A.S. Akopov. - Ljubercy: Jurajt, 2016. – 389 c.
4. Aksenov, M.I. Modelirovanie jelektroprivoda: Uchebnoe posobie / M.I. Aksenov. - M.: Infra-M, 2014. – 104 c.
5. Aldrich, U. Konstruirowanie i modelirovanie odezhdy dlja detej i podrostkov. Klassicheskij britanskij metod / U. Aldrich. – M.: Jeksmo, 2017. – 224 c.
6. Aleksandrov, A., Ju. Matematicheskoe modelirovanie i issledovanie ustojchivosti biologicheskikh soobshhestv: Uchebnoe posobie / A.Ju. Aleksandrov, A. Platonov. - SPb.: Lan', 2016. – 272 c.
7. Aleksandrov, A
8. .Ju. Matematicheskoe modelirovanie i issledovanie ustojchivosti biologicheskikh soobshhestv: Uchebnoe posobie / A.Ju. Aleksandrov, A.V. Platonov i dr. - SPb.: Lan', 2017. – 320 c.
9. Aleksandrov, V.A. Modelirovanie tehnologicheskikh processov lesnyh mashin: Uchebnik / V.A. Aleksandrov, A.V. Aleksandrov. – SPb.: Lan', 2016. - 368 c.
10. Aleksandrov, V.A. Modelirovanie tehnologicheskikh processov lesnyh mashin: Uchebnik / V.A. Aleksandrov. - SPb.: Lan', 2016.– 368 c.
11. Alekseev, D.V. Vvedenie v komp'juternoe modelirovanie fizicheskikh zadach: Ispol'zovanie Microsoft Visual Basic / D.V. Alekseev. - M.: Lenand, 2019. - 272 c.

**З.А. Ибрагимова\*, Ф.Е. Жилкибаев, Д.Е. Жардемов, А.Н. Нұрсұлтан, Н.Н. Арынов**

PhD, доцент, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан  
магистрант, М. Әуезов атындағы ОҚУ, Шымкент, Қазақстан

\*Корреспондент авторы: Zaure\_1983\_as@mail.ru

## **БӨЛШЕКТЕРДІ ӨНДІРУ ДӘЛДІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ПРОЦЕСТІ МОДЕЛЬДЕУ**

### **Түйін**

Мақалада жобалау әдістері, соның ішінде қазіргі CAD/CAM/CAE жүйелері қарастырылады, технологиялық операцияларды модельдеуге және ақаулардың пайда болу қаупін азайтуға мүмкіндік беретін жобалау процестерін автоматтандыруға ықпал етеді. Конструкторлық тапсырмаларын болжау үшін 3D модельдеуді қолдану да маңызды.

Поршень бөлшегі моделін жасау инженерия саласындағы негізгі қадам болып табылады. Поршень қозғалтқыштар мен әртүрлі механизмдердің маңызды құрамдас бөлігі бола отырып, мұқият талдау мен жобалауды қажет етеді. Поршеньді модельдеу процесі конструкторларға бөлшектің әртүрлі параметрлерін визуализациялауға және тексеруге мүмкіндік беретін заманауи CAD қосымшаларын қолдануды қамтиды. Модельдеу барысында үш өлшемді кескін қалыптасады, оны кейінгі талдау мен сынақтарға, соның ішінде әртүрлі жүктеме жағдайларында жұмысты модельдеуге қолдануға болады. Осылайша, поршеньді модельді әзірлеу оны өндіру процесін оңтайландырып қана қоймайды, сонымен қатар ол жататын бүкіл жүйенің тиімділігі мен сенімділігін арттыруға көмектеседі.

**Кілттік сөздер:** дәлдік, модельдеу, поршень, статикалық талдау, жүктеме, компьютерлік көмекші жобалау.

**Z.A. Ibragimova\*, F.E. Zhilkibaev, D.E. Zhardemov, A.N. Nursultan, N.N. Arynov**

PhD, Associate Professor, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan  
master's student, M. Auezov SKU, Shymkent, Kazakhstan

\*Corresponding author's email: Zaure\_1983\_as@mail.ru

## **PROCESS MODELING TO INCREASE PARTS MANUFACTURING ACCURACY**

### **Abstract**

The article examines design methods, including current CAD/CAM/CAE systems, that contribute to the automation of design processes, allowing you to simulate technological operations and reduce the risk of defects. It is also important to use 3D modeling to predict design tasks.

The development of a piston part model is a key step in the field of engineering. The piston, being the most important component of engines and various mechanisms, requires careful analysis and design. The piston modeling process involves the use of modern CAD applications, which provide designers with the opportunity to visualize and verify various parameters of the part. During the simulation, a three-dimensional image is formed, which can be used for subsequent analysis and testing, including simulations of operation under various load conditions. Thus, the development of a piston model not only optimizes the production process, but also contributes to increasing the efficiency and reliability of the entire system to which it belongs.

**Keywords:** accuracy, modeling, piston, static analysis, load, computer-aided design.