

Моделирование эксплуатационных условий работы запорного устройства

А.С. Гаваев, В.А. Свистунова, Е.М. Чикишев, А.И. Ядрышников, Ю.А. Эртман

Тюменский индустриальный университет, Тюмень

Аннотация: В статье рассматривается важность использования моделирования для анализа технологических эксплуатационных характеристик изделий, выявления вероятных дефектов. В работе представлены результаты исследования конструкции концевой запорной системы, сформулированы выводы об эффективности использования программного обеспечения ANSYS при проектировании изделий машиностроения.

Ключевые слова: моделирование, запорное устройство, инновационные технологии, надёжность, качество материала, эксплуатационные характеристики, рабочая среда, машиностроение.

В настоящее время в области машиностроения с помощью внедрения и использования инновационных технологий происходит качественный и количественный рост применения технологических процессов с использованием современных материалов для изготовления режущего инструмента, увеличением количества оборудования с числовым программным управлением на предприятиях машиностроения, а также широкое развитие роботизированных производственных комплексов. Перечисленные прогрессивные технологии позволяют достичь повышения производительности труда, а также увеличить точность изготовления изделий, удовлетворяющую геометрическим и размерным требованиям [1]. В современных условиях инженер-технолог при выполнении профессиональной деятельности может использовать универсальные комплексы компьютерного моделирования, позволяющие решать задачи обширной сферы в различных областях научно-практических исследований, при этом существенно снижаются материальные затраты и время при проведении эксперимента [2].

Основной целью выполнения исследования является рассмотрение конструкции концевого запорного устройства путём моделирования эксплуатационных условий его функционирования. Рассматриваемое запорное устройство применяется для соединения рукавов при перепуске сжатого воздуха. Основанием выбора данного объекта исследования является нахождение способов повышения надежности изделия, предупреждения появления вероятных дефектов, а также необходимость увеличения эксплуатационно-технологических параметров устройства.

Базовой основой при моделировании эксплуатационных условий функционирования детали «корпус запорного устройства», является метод расчета вычислительной гидродинамики [3], который позволяет выполнить исследования динамических и статических характеристик, направленных на проведение анализа надежности конструкции детали и осуществление выбора материала с эксплуатационными характеристиками, позволяющими обеспечить запас прочности конструкции изделия [4, 5]. В ходе исследований рассмотрены две марки стали, которые используются при производстве корпуса запорного устройства: СТЗ – конструкционная углеродистая обыкновенного качества и 40Х – сталь конструкционная легированная [6].

Проведение междисциплинарных расчетов выполнено в среде Ansys Workbench 2020, что позволило выполнить моделирование различных физических процессов с применением трехмерных моделей, построенных в имитационно-конструкторских программных комплексах [7].

Алгоритм проведения исследования включает в себя следующие блоки расчётных шаблонов: выполнение моделирования течения сжатого воздуха; определение статического влияния рабочей среды на корпус запорного устройства из материалов: сталь СТЗ и сталь 40Х.

Fluent Flow (CFX) и Static Structural использовались в качестве программных инструментов при проведении исследований.

На первом этапе проведения исследований рассмотрены стандартные методы визуализации, включающие в себя разработку векторной модели воздушного потока в корпусе детали с градиентом распределения скорости рабочей среды и градиентную заливку распределения давления [8, 9]. Векторное представление потока изображено на рис. 1.

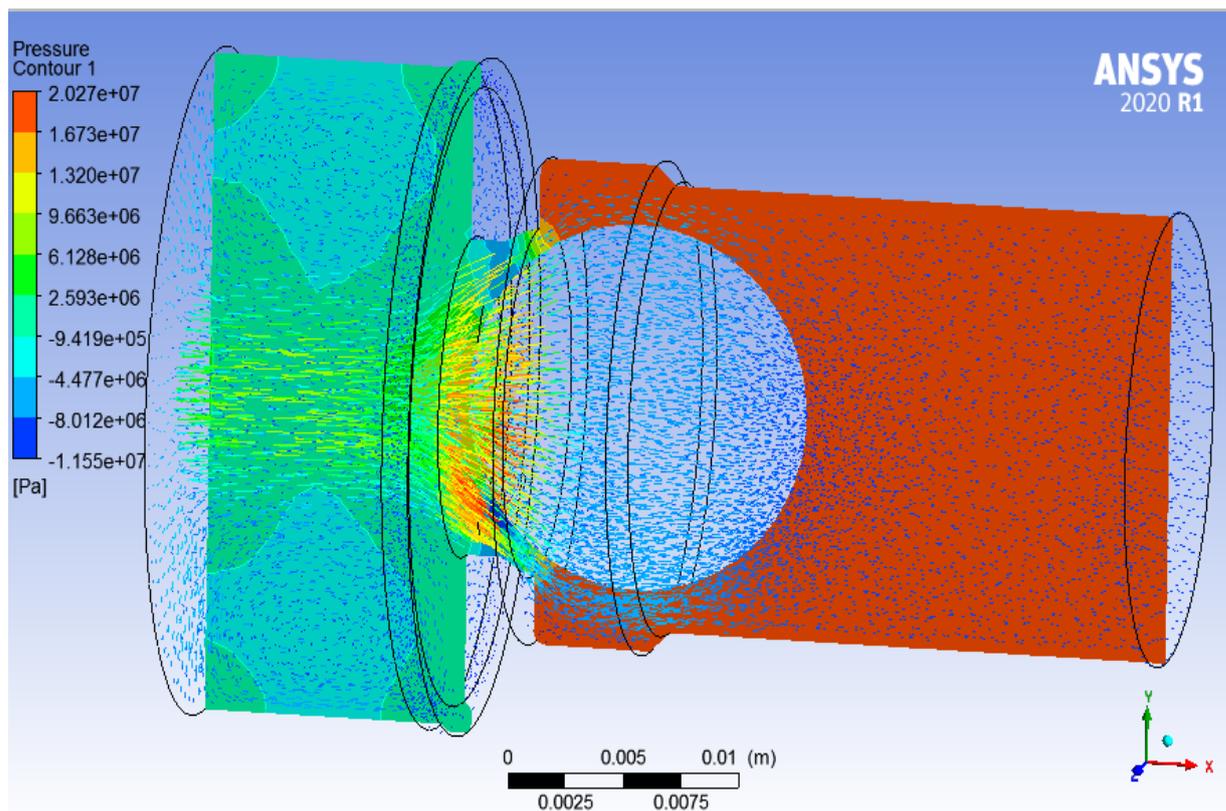


Рис. 1. – Векторная модель воздушного потока с градиентом распределения давления

В ходе анализа разработанной модели установлено, что в зоне выходного отверстия достигается максимальное значение давления рабочей среды на стенки корпуса детали. Моделирование процессов течения сжатого воздуха (рабочей среды) основывается на методе расчёта вычислительной гидродинамики, с использованием расчетного шаблона Fluent Flow (CFX), позволяющего выполнить расчёт интегральных характеристик и визуализировать расчётные переменные.

На втором этапе проведения исследований выполнена сравнительная оценка эффективности использования различного материала для изготовления изделия. Расчёт по основным нагрузкам проводился по двум маркам стали СТ3 и 40Х, используемым при производстве корпуса запорного устройства. Статическое влияние рабочей среды на корпус запорного устройства оценивалось с помощью расчетного шаблона Static Structural. Оценка заключается в изучении характеристик материалов с различными физическими и механическими свойствами. Расчёт производится только по основным нагрузкам, так как принято считать, что невозможно учесть все особенности функционирования запорной арматуры данной конструкции [10].

Зависимость изменения коэффициента запаса прочности от величины воздействующего давления на стенки корпуса детали для изделий из стали марок СТ3 и 40Х представлен на рис. 2 и рис. 3.

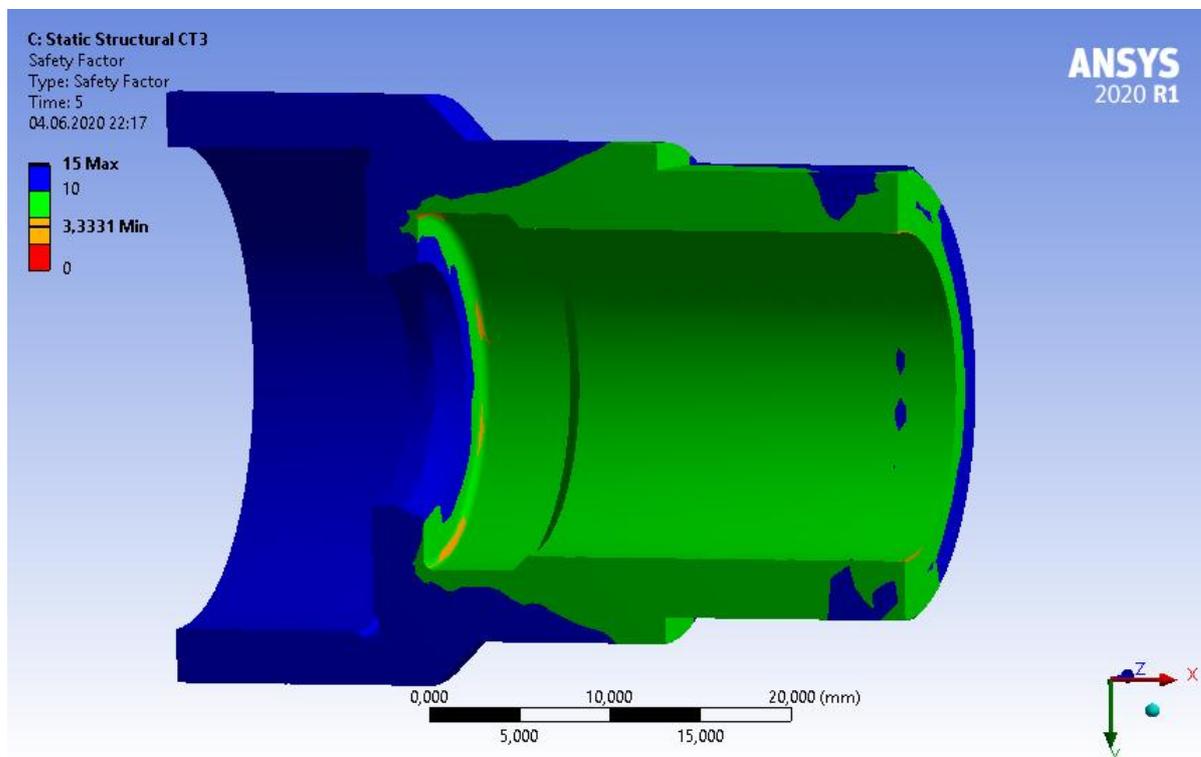


Рис. 2. – Коэффициент запаса прочности изделия из стали марки СТ3

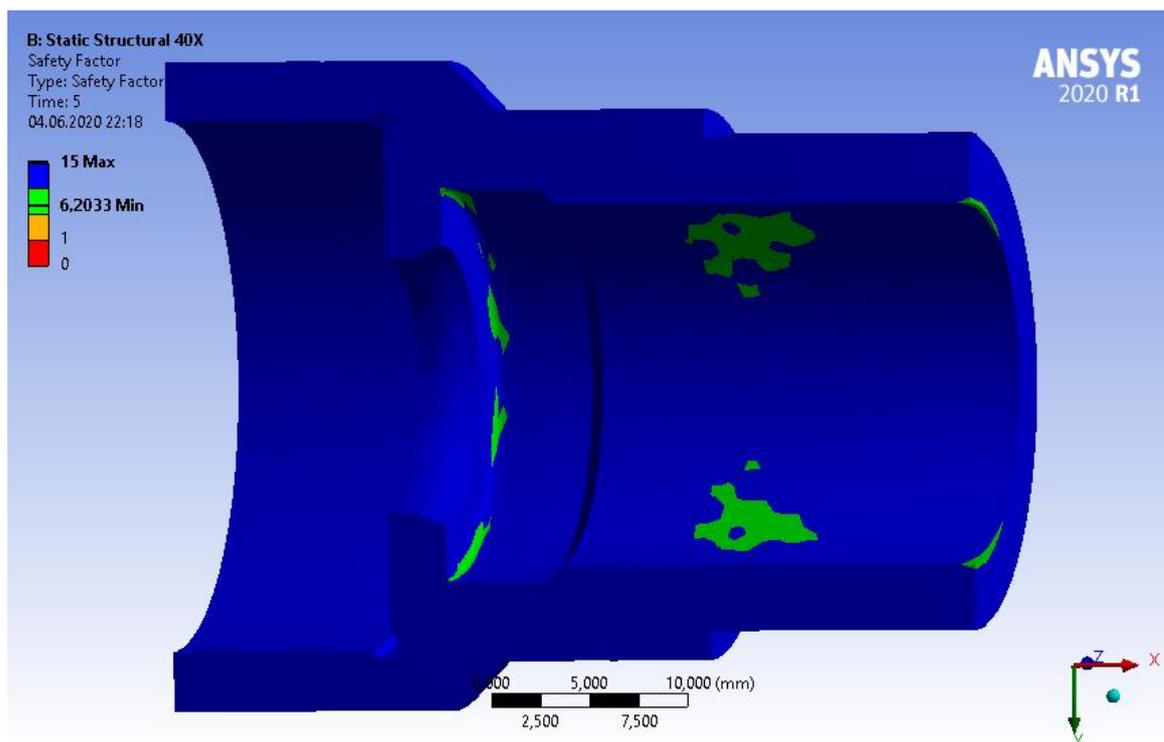


Рис. 3. – Коэффициент запаса прочности изделия из стали марки 40Х

Напряжения и деформации, возникающие при воздействии дополнительных нагрузок в процессе эксплуатации изделия, перекрываются запасами прочности [11, 12], что учитывается при осуществлении расчетов (рис. 4).

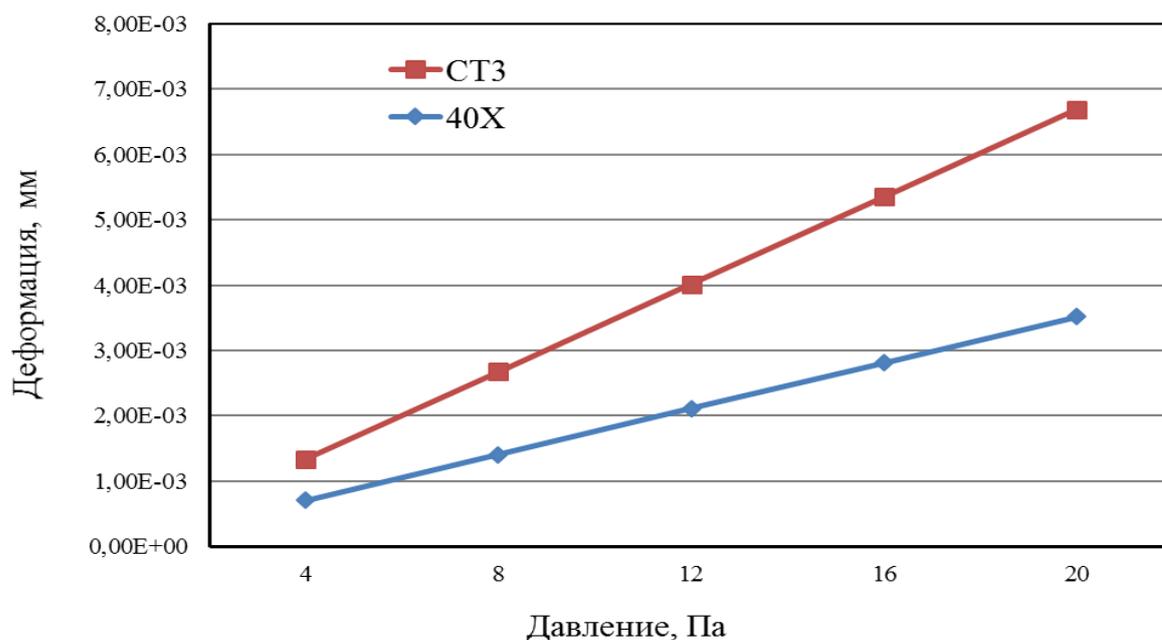


Рис. 4. – График зависимости деформации от давления

В таблице № 1 представлены сравнительные характеристики статического воздействия сжатого воздуха на корпус запорного устройства.

Таблица № 1

Значения показателей воздействия сжатого воздуха на корпус детали

Материал	Давление, Па	Перемещение, мм	Напряжение, МПа	Коэффициент запаса прочности
40X	4	7,03E-04	21,601	15
	8	1,41E-03	43,203	15
	12	2,11E-03	64,804	10,339
	16	2,81E-03	86,406	7,7541
	20	3,52E-03	108,01	6,2033
СТ3	4	6,36E-04	25,477	15
	8	1,27E-03	50,953	8,3328
	12	1,91E-03	76,43	5,5552
	16	2,54E-03	101,91	4,1664
	20	3,18E-03	127,38	3,3331

В ходе выполнения моделирования, основной задачей [13] которого является исследование конструкции корпуса запорного устройства с целью повышения технико-эксплуатационных свойств детали, получены следующие результаты:

- использование стали 40X при производстве изделия позволяет повысить надежность запорного устройства и уменьшить возможность появления деформаций и напряжений;
- изготовление корпуса запорного устройства из стали СТ3 приведёт к снижению технико-эксплуатационных характеристик.

Использование моделирования рабочих процессов в среде Ansys Workbench 2020, с применением концепции проектирования на основе инженерных расчётов, позволяет существенно уменьшить затраты времени на подготовку производства изделий в сочетании с сокращением производственных расходов.

Литература

1. Биргер И.А., Шорр Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. М.: Машиностроение, 1993. – 639 с.
 2. Иващенко И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации. М.: Машиностроение, 1975. – 222 с.
 3. Shao, C., Zhong, G., Zhou, J. Study on gas–liquid two-phase flow in the suction chamber of a centrifugal pump and its dimensionless characteristics Nuclear. Engineering and Design. – 2021. – vol. 380, № 111298. DOI: 10.1016/j.nucengdes.2021.111298.
 4. Арзамасов Б.Н., Соловьева Т.В., Герасимов С.А., Мухин Г.Г., Зикеев В.Н., Ховова О.М. Справочник по конструкционным материалам: Справочник. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2005. – 640 с.
 5. Дальский А.М., Суслов А.Г., Косилов А.Г., Р.К. Мещерякова, Амиров Ю.Д. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1/ под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Суслова 5-е изд. исправл. М.: Машиностроение-1, 2003. – 912 с.
 6. Сорокин В.Г., Волосникова А.В., Вяткин С.А., Гервасьев М.А., Гредитор М.А., Крылова К.М., Кубачек В.В., Мирмельштейн В.А. Марочник сталей и сплавов. М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
 7. Бруйка В.А., Фокин В.Г., Курвева Я.В. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учебное пособие. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 148 с.
 8. Басов К.А. ANSYS: Справочник пользователя. М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.
 9. Басов К.А. ANSYS и LMS Virtual Lab. Геометрическое моделирование. М.: ДМК Пресс, 2006. – 240 с.
 10. Каплун А. Б., Морозов Е.М., Шамраева М.А. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство. М.: Ленанд, 2021. – 272 с.
-

11. Alshoaibi, A.M., Ali Fageehi, Y. 3D modelling of fatigue crack growth and life predictions using ANSYS. Ain Shams Engineering Journal. - 2022, – vol. 13 (4), № 101636. DOI: 10.1016/j.asej.2021.11.005.

12. Jayachitra T., Priyadarshini R. Smart monitoring system for detection of damage in structural parts by emi and ansys. SSRG International Journal of Engineering Trends and Technology. – 2021. – vol. 69. № 2. – P. 134-138. DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V69I2P219.

13. Chimakurthi S.K., Reuss S., Tooley M., Scampoli S. Ansys workbench system coupling: a state-of-the-art computational framework for analyzing multiphysics problems. Engineering with Computers. – 2018. – vol. 34. № 2. – P. 385-411. DOI: 10.1007/s00366-017-0548-4.

References

1. Birger I.A., Shorr B.F., Iosilevich G.B. Raschet na prochnost' detalei mashin [Calculation of the strength of machine parts]. Moskva: Mashinostroenie, 1993. 639 p.

2. Ivashchenko I.A. Tekhnologicheskie razmernye raschety i sposoby ikh avtomatizatsii [Technological dimensional calculations and methods of their automation]. Moskva: Mashinostroenie, 1975. 222 p.

3. Shao, C., Zhong, G., Zhou, J. Engineering and Design, 2021. vol. 380, № 111298. DOI: 10.1016/j.nucengdes.2021.111298.

4. Arzamasov B.N., Solov'eva T.V., Gerasimov S.A., Muhin G.G., Zikeev V.N., Hovova O.M. Spravochnik po konstrukcionnym materialam [Handbook of structural materials]. Moscow: Izd-vo MGTU im.Baumana, 2005. 640 p.

5. Dal'skij A.M., Suslov A.G., Kosilovaja A.G., R.K. Meshherjakova, Amirov Ju.D. Spravochnik tehnologa-mashinostroitelja. v 2-h t. Tom 1 [Handbook of a machine-building technologist. in 2 t. Vol. 1]. pod red. A.M. Dal'skogo, A.G. Kosilovoj, R.K. Meshherjakova, A.G. Suslova 5-e izd. ispravl. Moskva: Mashinostroenie-1, 2003. 912 p.

6. Sorokin V.G., Volosnikova A.V., Vjatkin S.A., Gervas'ev M.A., Greditor M.A., Krylova K.M., Kubachek V.V., Mirmel'shtejn V.A. Marochnik of steels and alloys [Vintage of steels and alloys]. Moskva: Mashinostroenie, 1989. 640 p.
7. Brujaka V.A., Fokin V.G., Kurveva Ja.V. Inzhenernyj analiz v ANSYS Workbench [Engineering Analysis in ANSYS Workbench]. Samara: Samara State Technical University, 2013. 148 p.
8. Basov K.A. ANSYS: Spravochnik pol'zovatelja [ANSYS: User Reference]. Moskva: DMK Press, 2005. 640 p.
9. Basov K.A. ANSYS i LMS Virtual Lab. Geometricheskoe modelirovanie [ANSYS and LMS Virtual Lab. Geometric modeling]. Moskva: DMK Press, 2006. 240 p.
10. Kaplun A. B., Morozov E.M., Shamraeva M.A. ANSYS v rukah inzhenera. Prakticheskoe rukovodstvo [ANSYS is in the hands of an engineer. Practical guide]. Moskva: Lenand, 2021. 272 p.
11. Alshoaibi, A.M., Ali Fageehi, Y. Ain Shams Engineering Journal. 2022, vol. 13 (4), № 101636. DOI: 10.1016/j.asej.2021.11.005.
12. Jayachitra T., Priyadarshini R. SSRG International Journal of Engineering Trends and Technology. 2021. vol. 69. № 2. pp. 134-138. DOI: 10.14445/22315381/IJETT-V69I2P219.
13. Chimakurthi S.K., Reuss S., Tooley M., Scampoli S. Engineering with Computers. 2018. vol. 34. № 2. pp. 385-411. DOI: 10.1007/s00366-017-0548-4.