



# Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)

Сайт журнала: [http://journals.nstu.ru/obrabotka\\_metallov](http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov)











## Разработка экономичной конструкции коленчатого вала механического пресса с С-образной станиной на основании результатов анализа топологии

Даршан Тратия<sup>1, а, \*</sup>, Маноджкumar Шеладия<sup>1, b</sup>, Ганшьям Ачарья<sup>1, c</sup>, Шейли Ачарья<sup>2, d</sup>

<sup>1</sup> Университет Атмия, г. Раджкот, 360005, Индия

<sup>2</sup> Технологический институт им. Сардара Валлабхай Пателя, филиал Гуджаратского технологического университета, г. Васада, 388306, Индия

<sup>а</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-0573-6880>,  [tratiyadarshan@gmail.com](mailto:tratiyadarshan@gmail.com), <sup>б</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-9154-3355>,  [mvsheladiya@gmail.com](mailto:mvsheladiya@gmail.com),

<sup>с</sup>  <https://orcid.org/0000-0002-3580-3116>,  [ganshyam.acharya@atmiyauni.ac.in](mailto:ganshyam.acharya@atmiyauni.ac.in), <sup>д</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-6428-8961>,  [shailee.acharya@gmail.com](mailto:shailee.acharya@gmail.com)

### ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 621.73+ 624.042

#### История статьи:

Поступила: 31 мая 2023

Рецензирование: 06 июня 2023

Принята к печати: 07 июля 2023

Доступно онлайн: 15 сентября 2023

#### Ключевые слова:

Расчет коленчатого вала

на прочность

Система автоматизированного

проектирования

Анализ методом конечных

элементов

Анализ топологии

#### Благодарности

Группа авторов глубоко признательна г-ну Аджиту Сингху Чавла, управляющему директору Singhal Power Presses Pvt. Ltd., Раджкот, Гуджарат, Индия, за предоставление поддержки и оборудования для исследовательской работы, а также г-ну Шиванга Джани, доценту кафедры машиностроения Университета Атмия, Раджкот, Гуджарат, Индия, за необходимое руководство.

### АННОТАЦИЯ

**Введение.** Прессы представляют собой приводные механизмы со стационарными станинами и ползунами, которые передают скользящее движение по направлению к столу и от него, направляемое стойками. Механический пресс позволяет выполнять следующие операции с металлом: пробивку, вырезку, гибку, вытяжку и пр. Коленчатый вал является одним из основных компонентов передачи мощности, он преобразует вращательное движение привода в поступательное движение ползуна. Именно вокруг этого элемента и сосредоточены все напряжения и деформации. **Цель исследования:** рационализация конструкции коленчатого вала с учетом прочностных характеристик стоек, соединительных винтов и стяжных колонок. **Методы** включают в себя два этапа разработки конструкции коленчатого вала: 1) создание модели посредством автоматизированного проектирования; 2) анализ методом конечных элементов в программе Ansys-22R1. Существующая, а также улучшенная конструкции коленчатого вала исследованы методом КЭА с анализом топологии. Топология является частью КЭ-анализа, а также генеративного проектирования. **Результаты и обсуждения.** Конструкция коленчатого вала, включающая в себя подшипниковый узел, во многом зависит от максимального давления, которое будет создано в нижней точке хода, и это тщательно учитывается при проектировании других частей прессов. На основе результатов анализа топологии конструкции коленчатого вала было выявлено, что увеличение прочности данного конструктивного элемента возможно за счет добавления дополнительного материала в области потенциального разрушения. В ходе исследования удалось разработать рациональную конструкцию коленчатого вала с повышенными механическими свойствами по сравнению с существующей конструкцией, что позволит увеличить срок службы коленчатого вала, предотвращая его выход из строя.

**Для цитирования:** Разработка экономичной конструкции коленчатого вала механического пресса с С-образной станиной на основании результатов анализа топологии / Д.К. Тратия, М.В. Шеладия, Г.Д. Ачарья, Ш.Г. Ачарья // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 50–62. – DOI:10.17212/1994-6309-2023-25.3-50-62.

#### \*Адрес для переписки

Тратия Даршан Камлешхай, к.т.н., научный сотрудник  
Университет Атмия,  
360005, г. Раджкот, Индия  
Тел.: +91-9974364458, e-mail: tratiyadarshan@gmail.com

## Введение

Прессы представляют собой приводные механизмы со стационарными станинами и ползунами, которые передают скользящее движение по направлению к столу и от него, направляемое стойками. С помощью механических прессов

металл можно обрабатывать самыми разными методами. Обычно одну и ту же операцию, необходимую для конкретной детали, можно выполнить несколькими способами [1–4]. Прессы с давних времен используются практически во всех сферах деятельности, касающихся обработки различных материалов в холодном или горячем состоянии: для прессования, дробления, формования, нанесения покрытий, раздачи. В любом случае благодаря технологическим свойствам металлов и их широкому ассортименту к ним можно применять широкий спектр технологических операций [4].

Длина хода приводного пресса зависит от эксцентриситета коленчатого вала. На рис. 1 представлена полная номенклатура приводного пресса [1].

Такой пресс используется для быстрого, точного и экономичного производства большого количества изделий путем холодной обработки мягкой стали и других пластичных материалов. Прессы классифицируются по количеству действий (простого, двойного, тройного действия и т. д.); направлению движения штампа (вертикальное, горизонтальное, наклонное и др.);

виду энергии, используемой для приведения в действие штампов (механическая или гидравлическая); типу передаточных механизмов (кривошипные, поворотные, фрикционные, винтовые, рычажные и др.) [2].

Коленчатый вал можно назвать основным конструктивным элементом пресса: именно он воспринимает все напряжения и деформации. Прочность рамы и стоек, шатуна, рулевых тяг, соединительных винтов, стяжных колонок и других важных деталей зависит от эксплуатационных характеристик коленчатого вала. **Целью исследований** является рационализация конструкции коленчатого вала с учетом прочностных характеристик стоек, соединительных винтов и стяжных колонок.

Конструкция коленчатого вала, включая расположение подшипников, во многом зависит от максимального давления, которое может быть создано в нижней части хода, что показано на рис. 2. Стандартные коленчатые валы изготавливают из углеродистых, хромомарганцевых, хромоникельмолибденовых и других сталей, а также из специальных высокопрочных чугунов. Для тяжело нагруженных коленчатых валов исполь-

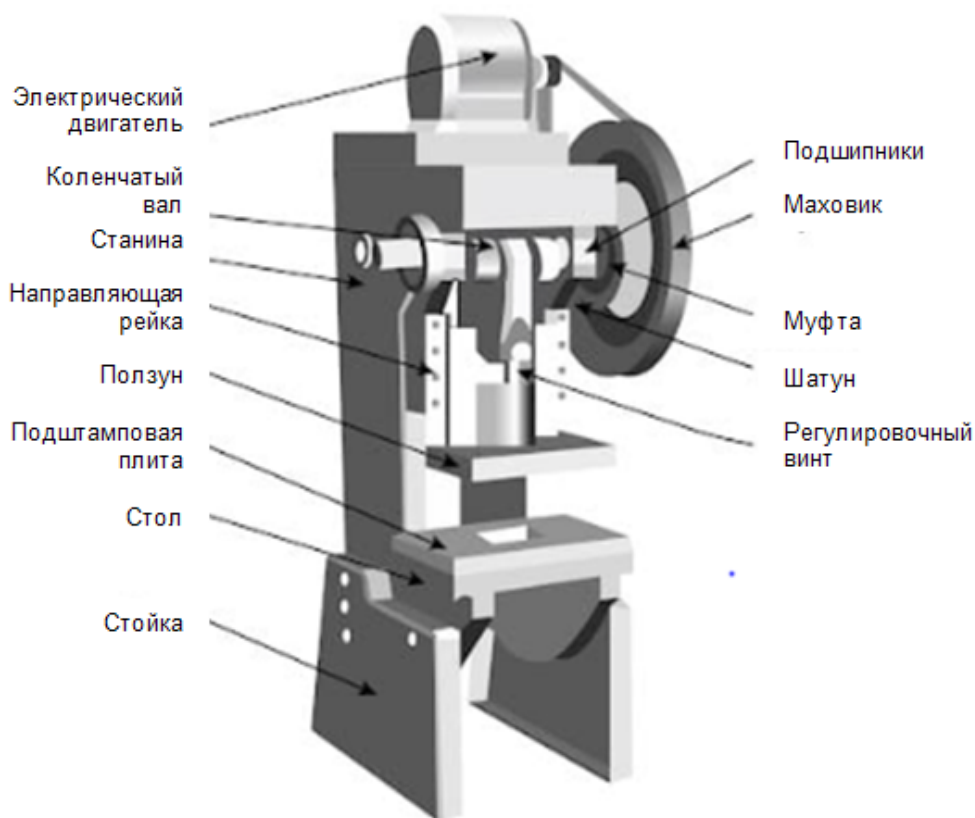


Рис. 1. Устройство приводного пресса

Fig. 1. Press machine arrangement

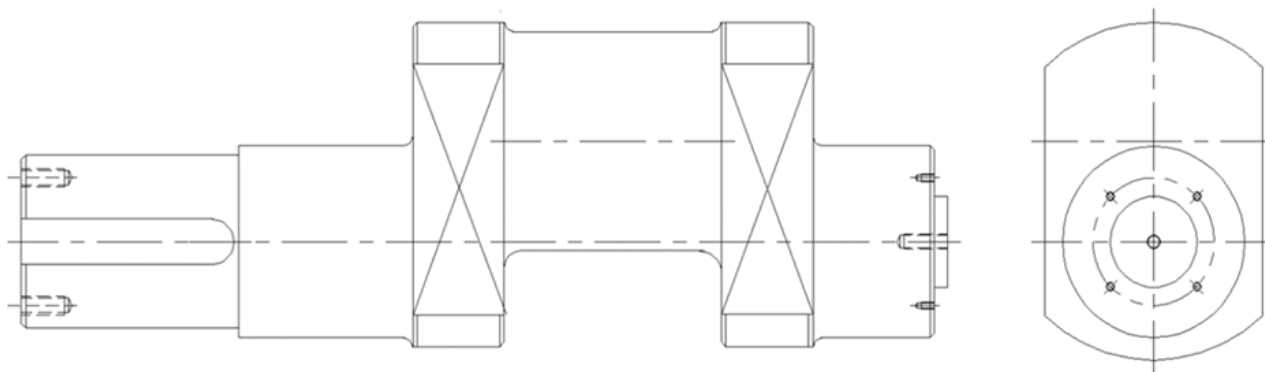


Рис. 2. Компоновка коленчатого вала

Fig. 2. Crankshaft layout

зуют сталь марок 40ХН2МА, 20ХН3А, 18ХНВА, 25ХГТ и др. После штамповки перед механической обработкой заготовки валов подвергают термической обработке (ТО). Для тяжело нагруженного вала обычно применяют следующие режимы ТО: нормализация, закалка + высокий отпуск (улучшение).

Временное сопротивление разрушению и предел упругости вала в некоторых случаях могут быть значительно повышены за счет специальной термообработки. Могут также использоваться специальные марки стали с более высоким пределом упругости, чем у стандартных валов. Однако в большинстве случаев термическая обработка или специальные стали не требуются. Следует учитывать, что термическая обработка или специальные стали часто повышают прочность коленчатого вала, и она существенно превосходит прочность остальных деталей.

### Методика исследований

Все исследования конструкции коленчатого вала были развиты на два этапа разработки данного конструктивного элемента: 1) создание 3D-модели посредством систем автоматизированного проектирования; 2) анализ методом конечных элементов в программе Ansys-22R1. Существующая, а также улучшенная конструкции коленчатого вала исследованы методом конечных элементов (МКЭ) с анализом топологии. Топология является частью КЭ-анализа, а также генеративного проектирования, т. е. технологии, при которой 3D-модели создаются и оптимизируются с помощью облачных вычислений и искусственного интеллекта [2–14]. Любое физическое явление, такое как поведение структур

или жидкостей, теплопередача, распространение волн, образование биологических клеток и другие, должно быть полностью понято и количественно оценено с помощью математики. Дифференциальные уравнения в частных производных (ДУЧП) часто используются для описания большинства перечисленных процессов. Однако за последние несколько десятилетий были разработаны численные методы, позволяющие компьютеру решать эти ДУЧП. Одним из наиболее известных численных подходов является анализ методом конечных элементов (КЭА).

Метод конечных элементов – это численный метод, используемый КЭА, который имитирует любое заданное физическое состояние. Инженеры пользуются программным обеспечением для анализа методом конечных элементов с целью ускорения разработки более качественных изделий при одновременном снижении затрат за счет сведения к минимуму потребности в физических моделях и натурных экспериментах, а также оптимизации компонентов в процессе проектирования.

### Результаты и их обсуждение

#### Анализ методом конечных элементов существующего коленчатого вала с помощью Ansys-22R1

По точному двухмерному чертежу была создана объективная трехмерная параметрическая геометрия коленчатого вала механического привода пресса с использованием CAD-системы (системы автоматизированного проектирования), например, программного комплекса Pro/

Engineer. Для использования в структурном моделировании существующего проекта эта объемная геометрия была импортирована в .STEP-формат. В настоящее время Singhal Power Presses Pvt. Ltd. собирает данные по конструкции коленчатого вала механического пресса именно в таком формате. Для создания модели, показанной на рис. 3, использовался программный продукт Creo-5.2, который позволяет создать файлы по стандарту .STEP [15–18].

Выделенная область на рис. 4 показывает результаты общей деформации после приложения силы 320 т к центру коленчатого вала. Максимальная деформация приходится на середину коленчатого вала, где действует нагрузка 320 т, а величина деформации составляет 0,050 мм, тогда как прогиб в районе подшипника практически равен 0 мм.

На рис. 5 показано эквивалентное напряжение в углах возле щеки коленчатого вала при нагрузке 320 т с максимальным значением 162,05 МПа и минимальным 9,64 МПа в зоне подшипника.

Из рис. 6 очевидно, что при приложении нагрузки в 320 т коленчатый вал испытывает наибольшее растяжение, при этом максимальное напряжение сдвига составляет 93,008 МПа, а минимальное напряжение сдвига равно 0,106 МПа.

При приложении нагрузки силой 320 т область подшипника коленчатого вала испытывает максимальное напряжение (рис. 7). Максимальное главное напряжение здесь составляет 132,01 МПа, а минимальное главное напряжение составляет –58,67 МПа, вызывая отрицательные напряжения на торцевой поверхности.

Результаты собраны для анализа в табл. 1.

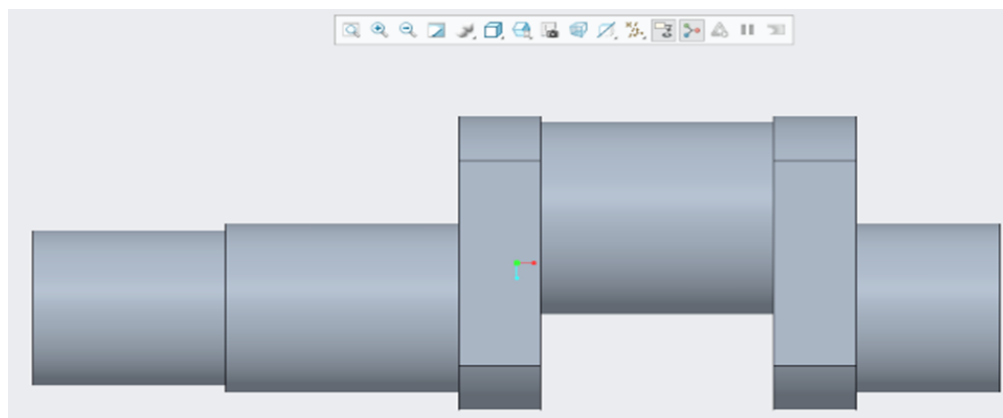


Рис. 3. Конструкция существующего коленчатого вала

Fig. 3. Existing design of crankshaft

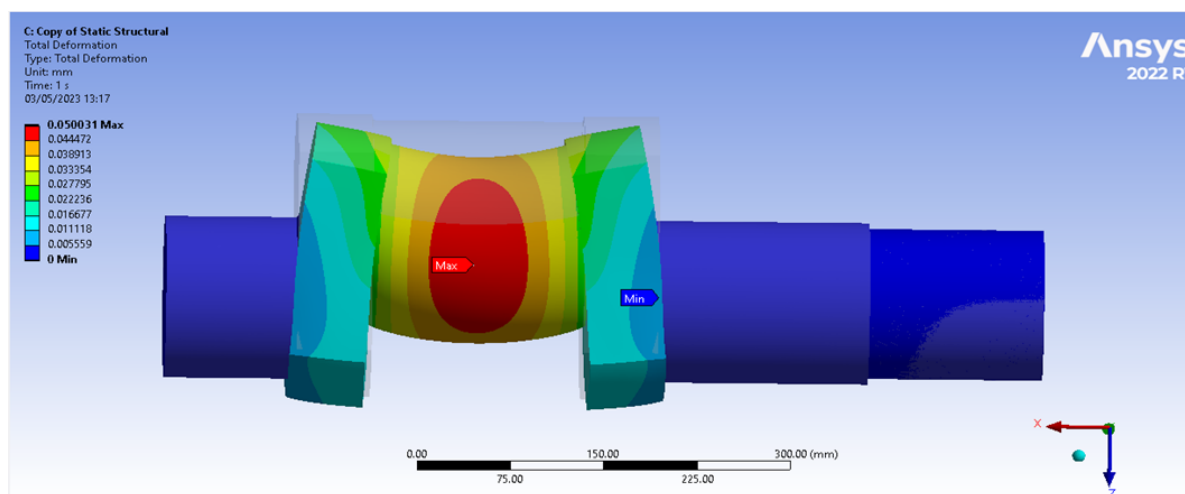


Рис. 4. Полная деформация в существующем коленчатом валу

Fig. 4. Total deformation of existing crankshaft

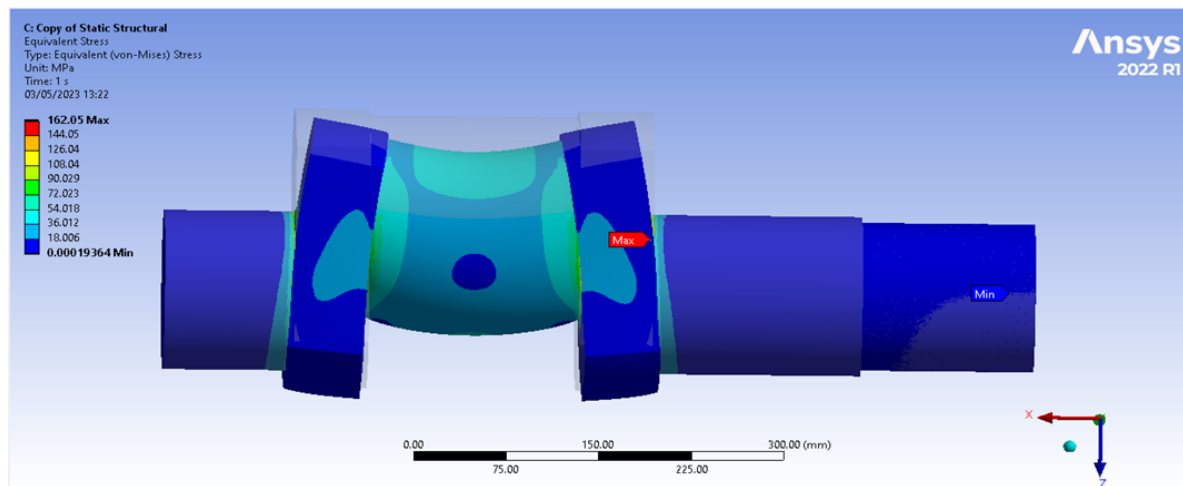


Рис. 5. Эквивалентное напряжение в существующем коленчатом валу

Fig. 5. Equivalent stress of existing crankshaft

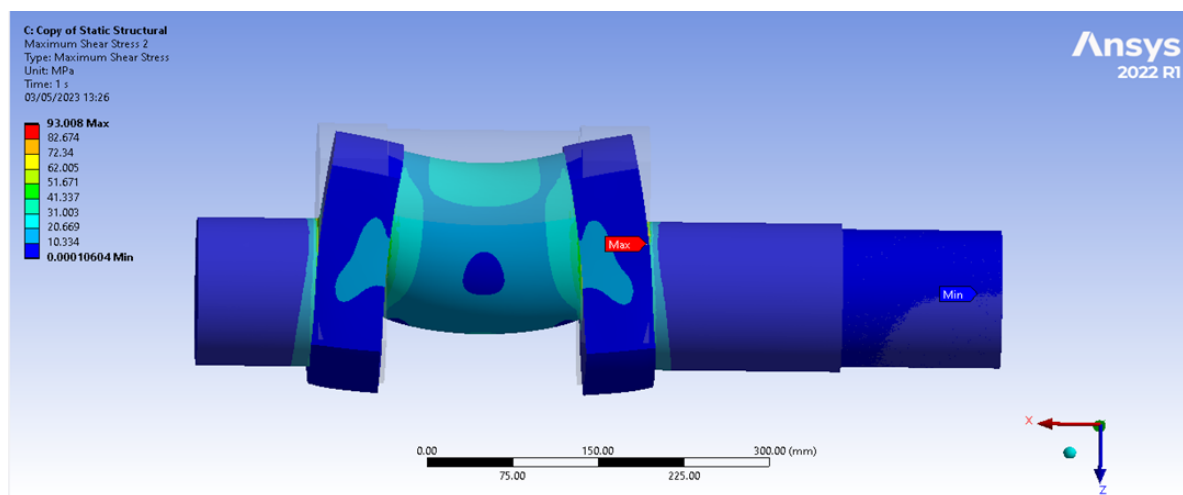


Рис. 6. Максимальное напряжение сдвига в существующем коленчатом валу

Fig. 6. Maximum shear stress in existing crank shaft

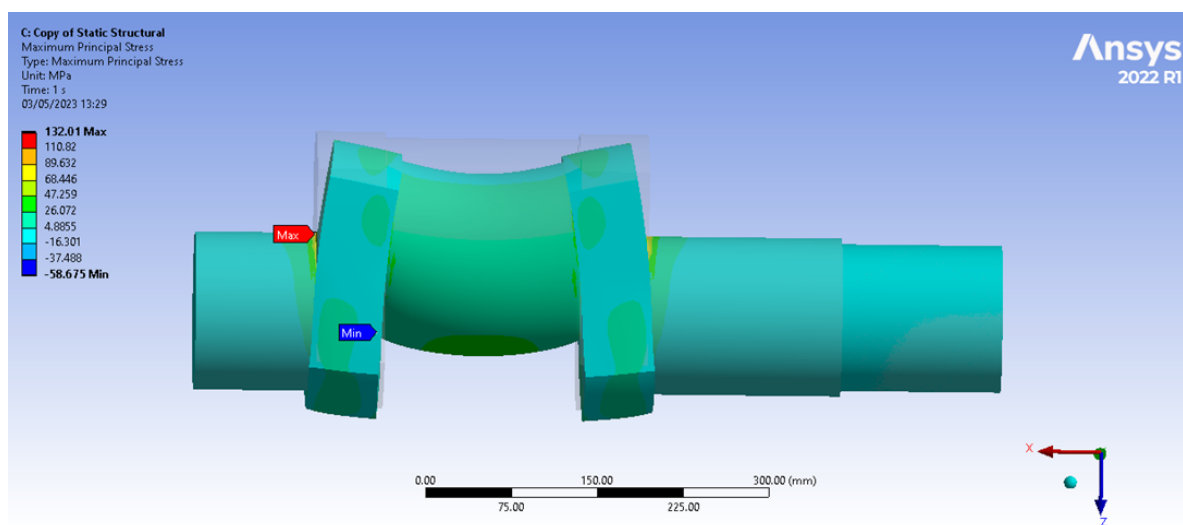


Рис. 7. Максимальное главное напряжение в существующем коленчатом валу

Fig. 7. Maximum principal stress in existing crankshaft

## Анализ результатов расчета существующего коленчатого вала

## Structural analysis results of existing crankshaft

Общее смещение, мм	Теория напряжений по Мизесу, МПа	Максимальное главное напряжение, МПа	Максимальное напряжение сдвига, МПа
0,050	162,05	132,01	93,008

**Анализ методом конечных элементов  
оптимизированного коленчатого вала  
с использованием Ansys-22R1**

Очевидно, что практически каждый компонент кинематической цепи в сборке, для которого не была проведена топологическая оптимизация, обладает избыточным весом. Дополнительный вес конструктивных элементов приводит к использованию излишнего материала, что является причиной формирования чрезмерной нагрузки на движущиеся компоненты, снижения энергоэффективности и увеличения транспортных расходов [19–25]. Благодаря технологии топологической оптимизации (ANSYS Mechanical) появляется инструмент, необходимый для проектирования прочных и легких конструктивных элементов независимо от сферы их использования. Можно с легкостью определить цели и применить средства управления, чтобы обеспечить соблюдение производственных тре-

бований, установить минимальную толщину материала и определить области исключения [26–29].

Оптимизация топологии в ANSYS Mechanical позволяет:

- 1) учесть множественные статические нагрузки в сочетании с оптимизацией собственных частот (модальный анализ);
- 2) выполнить требования к минимальной толщине материала;
- 3) соблюсти правила, касающиеся направления базирования (установки) элемента (например, для операций механической обработки);
- 4) получить возможность реализации как циклической, так и плоской симметрии.

Выделенная область на рис. 8 отражает результаты общей деформации после приложения нагрузки в 320 т к центру коленчатого вала. Максимальная деформация приходится на середину коленчатого вала, где и приложена на-

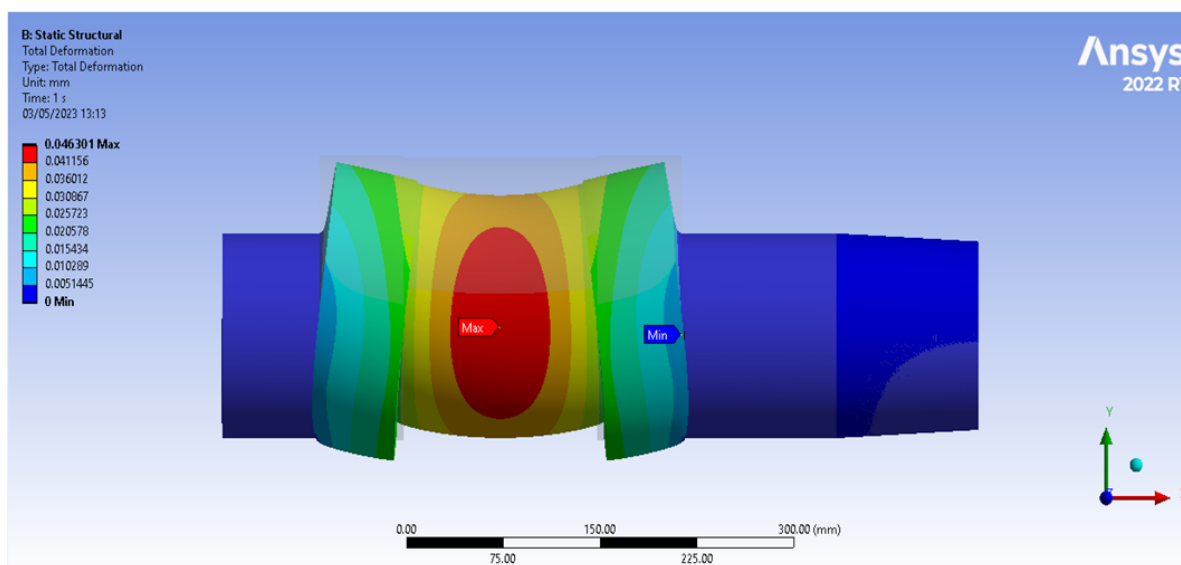


Рис. 8. Полная деформация в оптимизированном коленчатом валу

Fig. 8. Total deformation of optimized crankshaft

грузка 320 т, а величина деформации составляет 0,046 мм, но прогиб в области подшипника практически равен 0 мм.

На рис. 9 показано эквивалентное напряжение в местах торцевых поверхностей коленчатого вала. При приложении нагрузки в 320 т коленчатый вал испытывает самые высокие напряжения на торцевых поверхностях с максимальным эквивалентным напряжением 191,24 МПа, при этом минимальное эквивалентное напряжение возникает в области подшипника и равно 11,64 МПа.

При приложении нагрузки в 320 т область подшипника коленчатого вала испытывает мак-

симальное напряжение (рис. 10). Максимальное главное напряжение в этом месте равно 189 МПа, а минимальное главное напряжение на торцевой поверхности составляет –11,27 МПа, вызывая отрицательное напряжение.

Из рис. 11 очевидно, что максимальные напряжения возникают в углу коленчатого вала при приложении нагрузки 320 т, причем максимальное напряжение сдвига составляет 98,124 МПа, а минимальное напряжение сдвига равно 0,2156 МПа.

Результаты для анализа собраны в табл. 2. Сравнение существующего и оптимизированного коленчатых валов представлено в табл. 3.

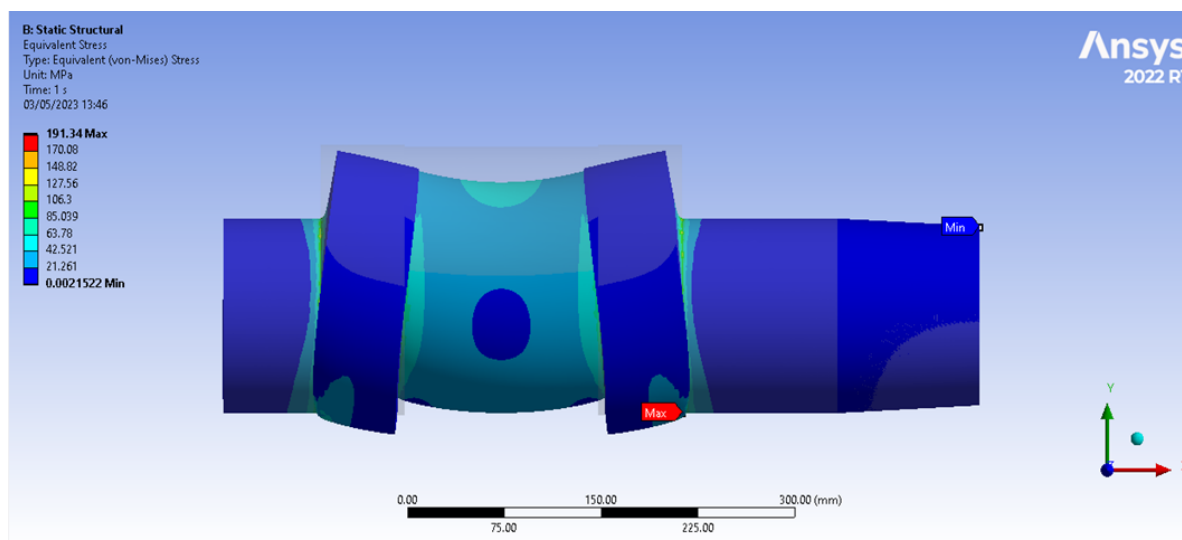


Рис. 9. Эквивалентное напряжение в оптимизированном коленчатом валу

Fig. 9. Equivalent stress in optimized crankshaft

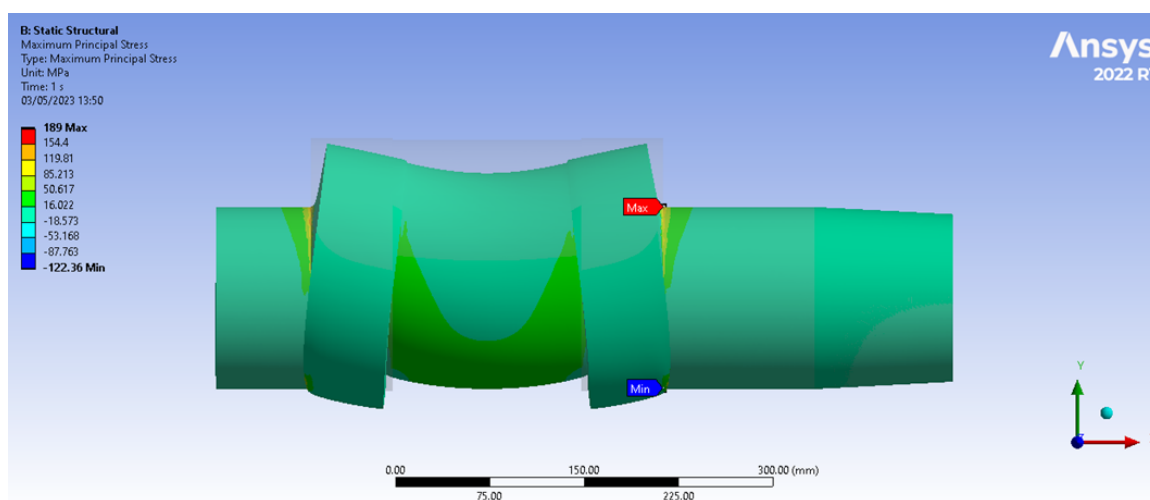


Рис. 10. Максимальное главное напряжение в оптимизированном коленчатом валу

Fig. 10. Maximum principal stress in optimized crankshaft

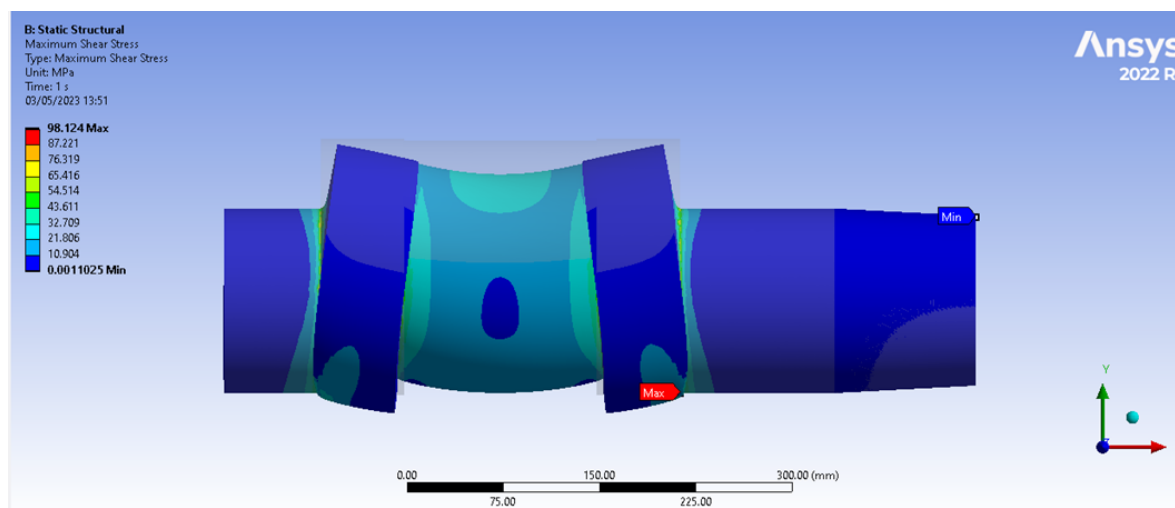


Рис. 11. Максимальное напряжение сдвига в оптимизированном коленчатом валу

Fig. 11. Maximum shear stress in optimized crankshaft

Таблица 2

Table 2

#### Анализ результатов расчета оптимизированного коленчатого вала

#### Structural analysis results of optimized crankshaft

Общее смещение, мм	Теория напряжений по Мизесу, МПа	Максимальное главное напряжение, МПа	Максимальное напряжение сдвига, МПа
0,0463	191,34	189	98,124

Таблица 3

Table 3

#### Сравнение существующего и оптимизированного коленчатых валов

#### Comparison of the existing and optimized crankshaft

Параметр	Существующий коленчатый вал	Оптимизированный коленчатый вал	Процентное соотношение. Улучшение результатов
Общее смещение, мм	0,050	0,0463	7,45 %
Теория напряжений по Мизесу, МПа	162,05	191,34	15,30 %
Максимальное главное напряжение, МПа	132,01	189	30,15 %
Максимальное напряжение сдвига, МПа	93,008	98,124	5,21 %

### Выводы

Из результатов, полученных методом конечных элементов как по существующей конструкции коленчатого вала, так и по модифицированной, можно сделать вывод, что оптимизация

конструкции коленчатого вала механического пресса приводит к повышению его эксплуатационных показателей с точки зрения уменьшения отклонения изгиба на 4 мкм по сравнению с предыдущей конструкцией. Кроме того, по данным табл. 3, модифицированная конструкция колен-

чатого вала показывает улучшенные результаты: по Мизесу – 15,30 %, максимальное основное напряжение – 30,15 % и максимальное напряжение сдвига – 5,21 %.

### Список литературы

1. *Montazersadgh F.H., Fatemi A.* Dynamic load and stress analysis of a crankshaft. SAE Technical Paper. – SAE International, 2007. – DOI: 10.4271/2007-01-0258.
2. *Shahane V.C., Pawar R.S.* Optimization of the crankshaft using finite element analysis approach // *Automotive and Engine Technology*. – 2017. – Vol. 2 (1–4). – P. 1–23.
3. *Garg R., Baghla S.* Finite element analysis and optimization of crankshaft design // *International Journal of Engineering and Management Research (IJEMR)*. – 2012. – Vol. 2 (6). – P. 26–31.
4. Failure mode analysis of two crankshafts of a single cylinder diesel engine / M. Fonte, P. Duarte, L. Reis, M. Freitas, V. Infante // *Engineering Failure Analysis*. – 2015. – Vol. 56. – P. 185–193.
5. *Meng J., Liu Y., Liu R.* Finite element analysis of 4-cylinder diesel crankshaft // *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*. – 2011. – Vol. 3 (5). – P. 22–29.
6. *Sachs J.D.* From millennium development goals to sustainable development goals // *The Lancet*. – 2012. – Vol. 379 (9832). – P. 2206–2211.
7. *Ban K.M.* Sustainable development goals // *News Survey*. – 2016. – Vol. 37 (02). – P. 18–19.
8. *Benjeddou A.* Advances in piezoelectric finite element modeling of adaptive structural elements: a survey // *Computers & Structures*. – 2000. – Vol. 76 (1–3). – P. 347–363.
9. *Gu Y., Zhou Z.* Strength analysis of diesel engine crankshaft based on PRO/E and ANSYS // 2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation. – IEEE, 2011. – Vol. 3. – P. 362–364.
10. *Khichadia B.N., Chauhan D.M.* A review on design and analysis of mechanical press frame // *International Journal of Advance Engineering and Research Development*. – 2014. – Vol. 1 (6). – P. 1–7.
11. *More R.S., Kulkarni S.R.* Finite element analysis and optimization of ‘c’Types // *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*. – 2015. – Vol. 2 (3). – P. 1385–1391.
12. *Dar F.H., Meakin J.R., Aspden R.M.* Statistical methods in finite element analysis // *Journal of Biomechanics*. – 2002. – Vol. 35 (9). – P. 1155–1161.
13. *Halicioglu R., Dulger L.C., Bozdana A.T.* Mechanisms, classifications, and applications of servo presses: A review with comparisons // *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*. – 2016. – Vol. 230 (7). – P. 1177–1194.
14. *More S.T., Bindu R.S.* Effect of mesh size on finite element analysis of plate structure // *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*. – 2015. – Vol. 4 (3). – P. 181–185.
15. *Choi K.S., Pan J.* Simulations of stress distributions in crankshaft sections under fillet rolling and bending fatigue tests // *International Journal of Fatigue*. – 2009. – Vol. 31 (3). – P. 544–557.
16. Evaluation of FEM based fracture mechanics technique to estimate life of an automotive forged steel crankshaft of a single cylinder diesel engine / R.M. Metkar, V.K. Sunnapwar, S.D. Hiwase, V.S. Anki, M. Dumpa // *Procedia Engineering*. – 2013. – Vol. 51. – P. 567–572.
17. *Guangming Z., Zhengfeng J.* Study on torsional stiffness of engine crankshaft // 2009 International Forum on Computer Science-Technology and Applications. – IEEE, 2009. – Vol. 3. – P. 431–435. – DOI: 10.1109/IF-CSTA.2009.345.
18. SDG 12: Responsible consumption and production – Potential Benefits and impacts on forests and livelihoods / P. Schröder, A.S. Antonarakis, J. Brauer, A. Conteh, R. Kohsaka, Y. Uchiyama, P. Pacheco // *Sustainable development goals: their impacts on forests and people*. – Cambridge University Press, 2019. – P. 386–418.
19. Experimental and analytical modal analysis of a Crankshaft / C. Azoury, A. Kallassy, B. Combes, I. Moukarzel, R. Boudet // *IOSR Journal of Engineering*. – 2012. – Vol. 2 (4). – P. 674–684.
20. Analysis of piston, connecting rod and crank shaft assembly / G. Gopal, L.S. Kumar, K.V.B. Reddy, M.U.M. Rao, G. Srinivasulu // *Materials Today: Proceedings*. – 2017. – Vol. 4 (8). – P. 7810–7819.
21. Optimization of a crankshaft rolling process for durability / S. Ho, Y.L. Lee, H.T. Kang, C.J. Wang // *International Journal of Fatigue*. – 2009. – Vol. 31 (5). – P. 799–808.
22. Stress and failure analysis of the crankshaft of diesel engine / L. Witek, M. Sikora, F. Stachowicz, T. Trzpiecinski // *Engineering Failure Analysis*. – 2017. – Vol. 82. – P. 703–712.
23. *Halicioglu R., Dulger L.C., Bozdana A.T.* Structural design and analysis of a servo crank press // *Engineering Science and Technology, an International Journal*. – 2016. – Vol. 19 (4). – P. 2060–2072.
24. Research perspectives on responsible tourism / B. Bramwell, B. Lane, S. McCabe, J. Mosedale, C. Scarles // *Journal of Sustainable Tourism*. – 2008. – Vol. 16 (3). – P. 253–257. – DOI: 10.1080/09669580802208201.



25. Predicting environmentally responsible apparel consumption behavior of future apparel industry professionals: The role of environmental apparel knowledge, environmentalism and materialism / A. Sadachar, F. Feng, E.E. Karpova, S. Manchiraju // *Journal of Global Fashion Marketing*. – 2016. – Vol. 7 (2). – P. 76–88.

26. *Miola A., Schiltz F.* Measuring sustainable development goals performance: How to monitor policy action in the 2030 Agenda implementation? // *Ecological Economics*. – 2019. – Vol. 164. – P. 106373.

27. *Boto-Álvarez A., García-Fernández R.* Implementation of the 2030 agenda sustainable development

goals in Spain // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12 (6). – P. 2546.

28. *Boluk K.A., Cavaliere C.T., Higgins-Desbiolles F.* A critical framework for interrogating the United Nations Sustainable Development Goals 2030 Agenda in tourism // *Journal of Sustainable Tourism*. – 2019. – Vol. 27 (7). – P. 847–864. – DOI: 10.1080/09669582.2019.1619748.

29. A systematic study of sustainable development goal (SDG) interactions / P. Pradhan, L. Costa, D. Rybski, W. Lucht, J.P. Kropp // *Earth's Future*. – 2017. – Vol. 5 (11). – P. 1169–1179.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2023 Авторы. Издательство Новосибирского государственного технического университета. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).

## Economical crankshaft design through topology analysis for C type gap frame power press SNX-320

Darshan Tratiya<sup>1, a, \*</sup>, Manojkumar Sheladiya<sup>1, b</sup>, Ghanshyam Acharya<sup>1, c</sup>, Shailee Acharya<sup>2, d</sup>

<sup>1</sup> Atmiya University, Yogidham Gurukul, Kalawad Road, Rajkot, 360005, India

<sup>2</sup> Sardar Vallabhbhai Patel Institute of Technology, Affiliated to GTU, Vasad, 388306, India

<sup>a</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0573-6880>, [tratiyadarshan@gmail.com](mailto:tratiyadarshan@gmail.com), <sup>b</sup> <https://orcid.org/0000-0002-9154-3355>, [mvsheladiya@gmail.com](mailto:mvsheladiya@gmail.com),

<sup>c</sup> <https://orcid.org/0000-0002-3580-3116>, [ghanshyam.acharya@atmiyauni.ac.in](mailto:ghanshyam.acharya@atmiyauni.ac.in), <sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0001-6428-8961>, [shailee.acharya@gmail.com](mailto:shailee.acharya@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 31 May 2023

Revised: 06 June 2023

Accepted: 07 July 2023

Available online: 15 September 2023

#### Keywords:

Crankshaft structural analysis

Computer-aided design

Finite element analysis

Topology analysis

#### Acknowledgements

The group of authors is highly obliged to Mr. Ajit Singh Chawla, Managing Director, Singhal power presses Pvt. Ltd., Rajkot, Gujarat, India for providing support and facilities for the research work and Mr. Shivang Jani, Asst. Prof. Department of Mechanical Engineering, Atmiya University, Rajkot, Gujarat, India for necessary guidance.

### ABSTRACT

**Introduction.** The presses are powered machines having stationary beds and slides (rams) which have controlled sliding motion towards and away from the beds, guided by the frames. Metal can be worked in power press in a wide variety of ways like punching, shearing, forming, etc. Crankshaft is one of the basic components for power transmission, which transmits rotary motion to sliding motion in the mechanical power press. It is around this element that all stresses and deformations are concentrated. **The purpose** of the study: rationalization of the design of the crankshaft, taking into account the strength characteristics of the frame, connection screws, tie rods. **The methods** include two stages of crankshaft design development: 1) modelling in parametric cad software; 2) *FE* analysis in *Ansys-22R1*. The existing as well as the improved design of the crankshaft was investigated by the *FE* method with topology analysis. Topology is part of *FE* analysis as well as *Generative design*. **Result and Discussion.** The design of the crankshaft, including the bearing assembly, depends largely on the maximum pressure that will be generated at the bottom of the stroke, and this is carefully considered when designing other parts of the presses. Based on the results of the topology analysis of the crankshaft structure, it was found that an increase in the strength of this structural element is possible by adding additional material in the area of potential destruction. During the study, it was possible to develop a rational design of the crankshaft with improved mechanical properties compared to the existing one, which will increase the service life of the crankshaft, preventing its failure.

**For citation:** Tratiya D.K., Sheladiya M.V., Acharya G.D., Acharya S.G. Economical crankshaft design through topology analysis for C type gap frame power press SNX-320. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2023, vol. 25, no. 3, pp. 50–62. DOI: 10.17212/1994-6309-2023-25.3-50-62. (In Russian).

### References

1. Montazersadgh F.H., Fatemi A. *Dynamic load and stress analysis of a crankshaft*. SAE Technical Paper. SAE International, 2007. DOI: 10.4271/2007-01-0258.
2. Shahane V.C., Pawar R.S. Optimization of the crankshaft using finite element analysis approach. *Automotive and Engine Technology*, 2017, vol. 2 (1–4), pp. 1–23.

#### \* Corresponding author

Tratiya Darshan K., Ph.D. (Engineering), Research Scientist  
 Atmiya University,  
 Yogidham Gurukul, Kalawad Road,  
 360005, Rajkot, Gujarat, India.  
 Tel.: +91-9974364458, e-mail: [tratiyadarshan@gmail.com](mailto:tratiyadarshan@gmail.com)

3. Garg R., Baghla S. Finite element analysis and optimization of crankshaft design. *International Journal of Engineering and Management Research (IJEMR)*, 2012, vol. 2 (6), pp. 26–31.
4. Fonte M., Duarte P., Reis L., Freitas M., Infante V. Failure mode analysis of two crankshafts of a single cylinder diesel engine. *Engineering Failure Analysis*, 2015, vol. 56, pp. 185–193.
5. Meng J., Liu Y., Liu R. Finite element analysis of 4-cylinder diesel crankshaft. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 2011, vol. 3 (5), pp. 22–29.
6. Sachs J.D. From millennium development goals to sustainable development goals. *The Lancet*, 2012, vol. 379 (9832), pp. 2206–2211.
7. Ban K.M. Sustainable development goals. *News Survey*, 2016, vol. 37 (02), pp. 18–19.
8. Benjeddou A. Advances in piezoelectric finite element modeling of adaptive structural elements: a survey. *Computers & Structures*, 2000, vol. 76 (1–3), pp. 347–363.
9. Gu Y., Zhou Z. Strength analysis of diesel engine crankshaft based on PRO/E and ANSYS. *2011 Third International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation*. IEEE, 2011, vol. 3, pp. 362–364.
10. Khichadia B.N., Chauhan D.M. A review on design and analysis of mechanical press frame. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 2014, vol. 1 (6), pp. 1–7.
11. More R.S., Kulkarni S.R. Finite element analysis and optimization of ‘c’Types. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 2015, vol. 2 (3), pp. 1385–1391.
12. Dar F.H., Meakin J.R., Aspden R.M. Statistical methods in finite element analysis. *Journal of biomechanics*, 2002, vol. 35 (9), pp. 1155–1161.
13. Halicioglu R., Dulger L.C., Bozdana A.T. Mechanisms, classifications, and applications of servo presses: A review with comparisons. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 2016, vol. 230 (7), pp. 1177–1194.
14. More S.T., Bindu R.S. Effect of mesh size on finite element analysis of plate structure. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, 2015, vol. 4 (3), pp. 181–185.
15. Choi K.S., Pan J. Simulations of stress distributions in crankshaft sections under fillet rolling and bending fatigue tests. *International Journal of Fatigue*, 2009, vol. 31 (3), pp. 544–557.
16. Metkar R.M., Sunnapwar V.K., Hiwase S.D., Anki V.S., Dumpa M. Evaluation of FEM based fracture mechanics technique to estimate life of an automotive forged steel crankshaft of a single cylinder diesel engine. *Procedia Engineering*, 2013, vol. 51, pp. 567–572.
17. Guangming Z., Zhengfeng J. Study on torsional stiffness of engine crankshaft. *2009 International Forum on Computer Science-Technology and Applications*. IEEE, 2009, vol. 3, pp. 431–435. DOI: 10.1109/IFCSTA.2009.345.
18. Schröder P., Antonarakis A.S., Brauer J., Conteh A., Kohsaka R., Uchiyama Y., Pacheco P. SDG 12: Responsible consumption and production – Potential Benefits and impacts on forests and livelihoods. *Sustainable development goals: their impacts on forests and people*. Cambridge University Press, 2019, pp. 386–418.
19. Azoury C., Kallassy A., Combes B., Moukarzel I., Boudet R. Experimental and analytical modal analysis of a Crankshaft. *IOSR Journal of Engineering*, 2012, vol. 2 (4), pp. 674–684.
20. Gopal G., Kumar L.S., Reddy K.V.B., Rao M.U.M., Srinivasulu G. Analysis of piston, connecting rod and crank shaft assembly. *Materials Today: Proceedings*, 2017, vol. 4 (8), pp. 7810–7819.
21. Ho S., Lee Y.L., Kang H.T., Wang C.J. Optimization of a crankshaft rolling process for durability. *International Journal of Fatigue*, 2009, vol. 31 (5), pp. 799–808.
22. Witek L., Sikora M., Stachowicz F., Trzepieciniski T. Stress and failure analysis of the crankshaft of diesel engine. *Engineering Failure Analysis*, 2017, vol. 82, pp. 703–712.
23. Halicioglu R., Dulger L.C., Bozdana A.T. Structural design and analysis of a servo crank press. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 2016, vol. 19 (4), pp. 2060–2072.
24. Bramwell B., Lane B., McCabe S., Mosedale J., Scarles C. Research perspectives on responsible tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 2008, vol. 16 (3), pp. 253–257. DOI: 10.1080/09669580802208201.
25. Sadachar A., Feng F., Karpova E.E., Manchiraju S. Predicting environmentally responsible apparel consumption behavior of future apparel industry professionals: The role of environmental apparel knowledge, environmentalism and materialism. *Journal of Global Fashion Marketing*, 2016, vol. 7 (2), pp. 76–88.
26. Miola A., Schiltz F. Measuring sustainable development goals performance: How to monitor policy action in the 2030 Agenda implementation? *Ecological Economics*, 2019, vol. 164, p. 106373.

27. Boto-Álvarez A., García-Fernández R. Implementation of the 2030 agenda sustainable development goals in Spain. *Sustainability*, 2020, vol. 12 (6), p. 2546.
28. Boluk K.A., Cavaliere C.T., Higgins-Desbiolles F. A critical framework for interrogating the United Nations Sustainable Development Goals 2030 Agenda in tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 2019, vol. 27 (7), pp. 847–864. DOI: 10.1080/09669582.2019.1619748.
29. Pradhan P., Costa L., Rybski D., Lucht W., Kropp J.P. A systematic study of sustainable development goal (SDG) interactions. *Earth's Future*, 2017, vol. 5 (11), pp. 1169–1179.

## Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2023 The Authors. Published by Novosibirsk State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).