

Повышение надежности и ресурса силовых станций автоматических линий

Ю.М. Замурагин, К.Б. Саламандра

Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН

Increasing the Reliability and Resource of Power Stations of Automatic Lines

Yu.M. Zamuragin, K.B. Salamandra

Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences

Для прессования, штамповки, клепки, гибки и других операций силового воздействия на обрабатываемый материал или заготовку используют механизмы преобразования движения исполнительного звена, обеспечивающего требуемое силовое воздействие на материал. Рассмотрен оригинальный механизм силовой станции автоматической упаковочной линии АЛБ 165. Анализ работы рычага силового хода этой силовой станции показал недостаточный запас прочности, что являлось причиной выхода механизма из строя. На основании результатов расчета предложены варианты модернизации конструкции рычага силового хода, что позволило уменьшить максимальные напряжения и перемещения в детали на 30 и 32 % соответственно.

Ключевые слова: пресс-форма, автоматическая линия, силовая станция, прочность рычага, метод конечных элементов

For technological operation of pressing, punching, riveting, bending, etc. mechanisms are used to transform the movement of the executive link, which provides the required force impact on the processed materials. The paper discusses the original mechanism of the power station of the automatic packaging line ALB 165. The analysis of the power stroke lever of the power station showed an insufficient margin of safety, which was the reason for the mechanism failure. Based on the calculations performed, options for modernizing the design of the lever were proposed, which made it possible to reduce the maximum stresses and displacements in the part by 30 and 32 %, respectively.

Keywords: press mold, automatic line, power station, lever strength, finite element method

В промышленном производстве широко распространены операции силового воздействия на обрабатываемый материал или заготовку. К таким операциям относятся клепка, протяжка, формование, прессование, штамповка, резка, гибка и т. п. Их выполняют силовые станции (СС) с помощью рычажных, кулачковых, гидравлических и других механизмов [1–9], преобразующих движение привода в движение исполнительного звена с требуемым для данного технологического процесса усилием.

Чтобы получить более сложные изделия, технологический процесс разделяют на несколько последовательных операций, каждая из которых выполняется отдельным инструментом и СС. Несколько СС, последовательно обрабатывающих материалы или заготовки, объединенные транспортной системой перемещения материалов между станциями и контрольно-управляющей аппаратурой, синхронизирующей работу СС и системы транспортирования, формируют автоматическую производственную линию.

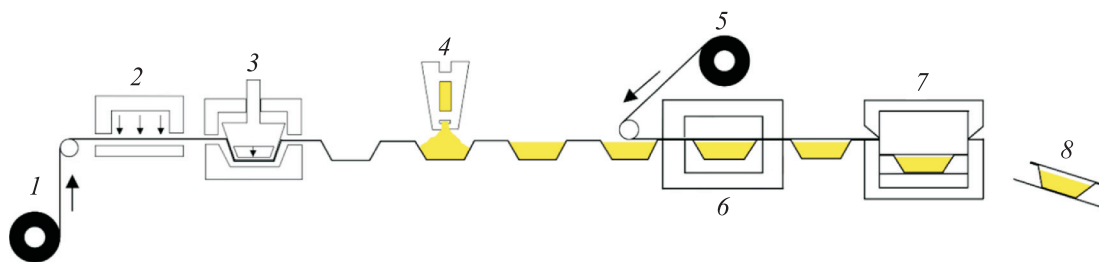


Рис. 1. Схема технологических операций автоматической упаковочной линии АЛБ 165:
 1 — рулон пленки; 2 — нагреватель; 3 — станция формования; 4 — дозатор; 5 — рулон покровного материала;
 6 — станция склейки; 7 — станция вырубki; 8 — готовый продукт

Примером автоматической линии является разработанная специалистами Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (далее ИМАШ РАН) линия АЛБ 165 для упаковки жидких и пастообразных продуктов в пластиковые контейнеры [10–13]. На автоматической упаковочной линии АЛБ 165 одновременно на разных позициях проводятся операции нагрева полимерной пленки, формования контейнеров, дозирования продукта, наклейки покровного материала и вырубki отдельных контейнеров или их надрезанных блоков. Схема технологических операций автоматической упаковочной линии АЛБ 165 приведена рис. 1.

На полимерную пленку воздействуют СС формования 3, склейки 6 и вырубki 7, которые оснащены соответствующим инструментом: пресс-формой, концентраторами и штампом. Каждый инструмент имеет две части: верхнюю неподвижную (например, плиту с пуансонами) и нижнюю (матрицу).

Характерной особенностью СС автоматической линии является необходимость обеспечения относительно большого холостого хода инструмента для перемещения обработанных контейнеров на следующую позицию и малого хода с большим технологическим усилием для обработки пленки толщиной 0,6...1,0 мм.

Силовая станция должна развивать технологическое усилие, достаточное для герметизации и отсутствия раскрытия пресс-формы при пневмоформовании, для обеспечения удельного давления на склеиваемые поверхности корпусного и покровного материалов и соответствующей силы резания в штампе.

Механизм СС. Требуемая последовательность перемещения выходного звена СС реализована в механизме [14], синтезированном на основе кривошипно-ползунного механизма [15]. Конструктивные схемы механизма СС автоматиче-

ской упаковочной линии АЛБ 165 в исходном положении и фазе силового хода приведены на рис. 2, а и б.

В исходном положении между элементами инструмента 12 и 13 обеспечено максимальное расстояние ($H + h$), необходимое для освобождения заготовки и введения нового материала для выполнения технологической операции. Механизм СС имеет две степени свободы.

На первом этапе осуществляется холостой ход ползуна 16 на величину H , при этом работает кривошипно-ползунный механизм. Далее механизм подходит к особому положению [15], соответствующему выходу кривошипа 8 на упор 17, и плавно переходит во вторую фазу движения путем перемещения корпуса цилиндра 5 относительно уже неподвижного штока 6 (см. рис. 2, б).

В этой фазе вытянутая в особом положении цепочка звеньев 19, 8, 10 выдерживает высокие осевые нагрузки. Цилиндр, преодолевая усилие пружины 21, через эти звенья и двуплечий рычаг 2 с коэффициентом редукции $i = a/b$ перемещает ползун на величину h с требуемым технологическим усилием.

Выполненная по схеме, приведенной на рис. 2, СС (рис. 3) производства ООО Фирма «Рекупер» установлена на более чем 60 автоматических линиях АЛБ 165, работающих на предприятиях РФ и СНГ. Каждая линия содержит три СС, оснащенные пневмоцилиндром, имеющим поршень диаметром 63 мм, выходной шток диаметром 16 мм и ходом 60 мм.

Техническая характеристика СС

Холостой ход H , мм	55
Силовой ход h , мм	5
Передаточное отношение a/b	6
Усилие пневмоцилиндра при давлении $p = 6 \cdot 10^5$ Па, Н	1870
Развиваемое технологическое усилие F , Н	10 722

Объем воздуха, потребляемый станцией за цикл (4 с), норм. л 32,5

Габаритные размеры, мм:

длина 250
 ширина 86
 высота 620

Двуплечий рычаг 2 (см. рис. 2) состоит из нескольких деталей: рычага силового хода (РСХ) 1 (см. рис. 3), связанного через шарниры со звеном 23 (см. рис. 2) и стержнем 19, и двух стянутых шпильками пластин 3 (см. рис. 3), которые соединяют корпус пневмоцилиндра 2 с РСХ.

В фазе силового хода корпус пневмоцилиндра перемещается вниз, поворачивая пластины вокруг оси шарнира 8. При этом РСХ, связанный с пластинами через центральную шпильку и ввернутый в рычаг регулировочный винт, вращаются вокруг той же оси. Таким образом,

при работе СС наибольшую нагрузку воспринимает РСХ.

Постановка задачи. При эксплуатации автоматических линий выявлена недостаточная надежность РСХ (рис. 4, а), приводящая к его поломке (рис. 4, б) и выходу из строя СС.

Цель статьи — анализ прочности рычага и выработка обоснованных решений для изменения конструкции РСХ.

Одной из главных сложностей модернизации РСХ являются конструктивные ограничения (рис. 5), так как необходимо минимизировать количество деталей, геометрические характеристики которых подлежат изменению.

Для моделирования деталей и узлов СС использовано оборудование центра коллективного пользования ИМАШ РАН «Научно-технологии создания машин будущего» — программ-

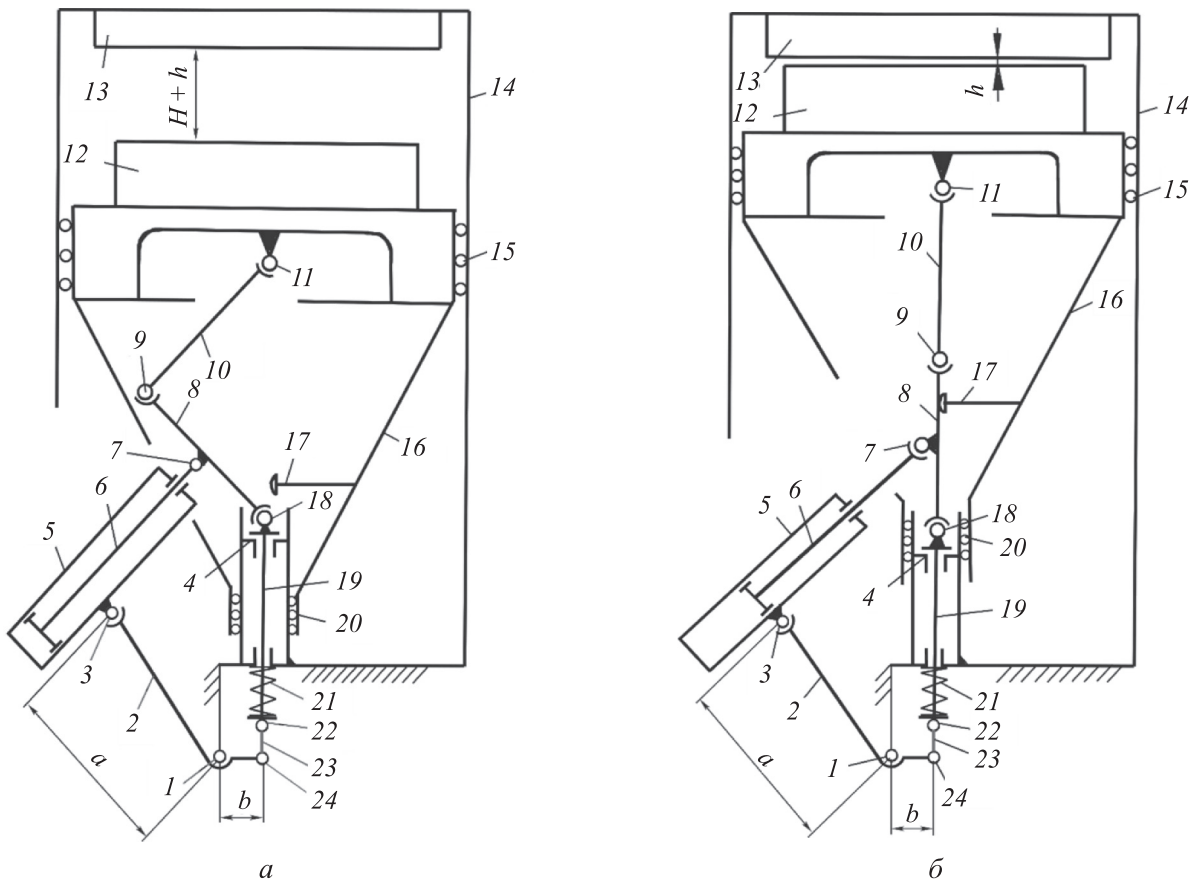


Рис. 2. Конструктивные схемы механизма СС автоматической упаковочной линии АЛБ 165 в исходном положении (а) и фазе силового хода (б):

1 — неподвижный шарнир; 2 — двуплечий рычаг; 3, 7, 18, 22, 24 — шарниры; 4 — вертикальный упор; 5 — корпус пневмоцилиндра; 6 — шток; 10 — шатун; 8 — кривошип; 9, 11 — цилиндрические шарниры; 12, 13 — элементы инструмента; 14 — корпус СС; 15, 20 — направляющие качения; 16 — ползун; 17 — упор кривошипа; 19 — стержень; 21 и 23 — пружина и ее упор



Рис. 3. Внешний вид СС автоматической упаковочной линии АЛБ 165 с установленным штампом:

1 — рычаг силового хода; 2 и 3 — корпус пневмоцилиндра и стягивающие его пластины; 4 — ползун; 5 — матричная плита; 6 — плита с пуансонами и съемником; 7 — нижний корпус СС; 8 — ось шарнира

ный комплекс системы автоматизированного проектирования SOLIDWORKS.

Как видно из рис. 5, нижний корпус СС накладывает ограничения на геометрические характеристики верхней части РСХ, так как он должен беспрепятственно перемещаться, чтобы обеспечивать силовой ход механизма. При этом отсутствуют ограничения на утолщение нижней части РСХ, что позволяет усилить опасное сечение (в котором произошло разрушение РСХ, показанное на рис. 4, б), не усложняя геометрические характеристики детали.

С учетом указанных ограничений получены два варианта модифицированного РСХ (рис. 6).

Первый вариант модифицированного РСХ (рис. 6, а) предполагает усложнение геометрической формы исходной детали путем добавления проушин без изменения размера заготовки и, соответственно, количества расходуемого материала. Такой подход обеспечивает более эффективное использование сырья. Второй вариант модифицированного РСХ (рис. 6, б) получен путем утолщения нижней части рычага, что не усложняет его геометрическую форму,

но увеличивает высоту опасного сечения вследствие возрастания расхода материала.

Для расчета напряженно-деформированного состояния, возникающего в РСХ, применен метод конечных элементов [16]. Использована универсальная программа конечно-элементного анализа ANSYS Workbench. Примененные нагрузки и кинематические граничные условия РСХ идентичны для обеих модификаций детали.



а



б

Рис. 4. Внешний вид исходного (а) и разрушенного (б) РСХ

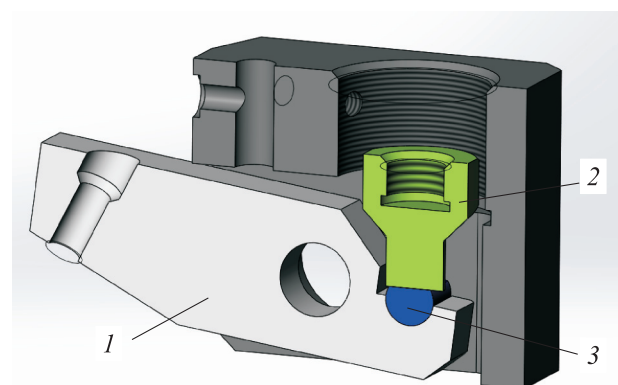


Рис. 5. Модель нижнего корпуса СС: 1 — РСХ; 2 и 3 — опора пружины 21 и звено 23 (см рис. 2)

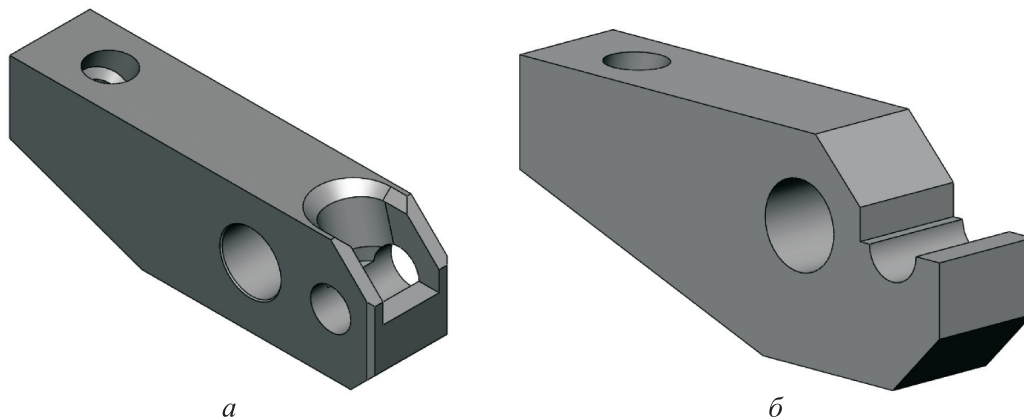


Рис. 6. Модели первого (а) и второго (б) вариантов модифицированного РСХ

Ввиду симметрии рассмотрен расчет половины РСХ, что позволяет уменьшить требования к вычислительным мощностям. Максимально развиваемое технологическое усилие для полной модели РСХ $F = 10\,722$ Н, для ее половины $F = 5361$ Н. Модель половины исходного РСХ с указанием кинематических граничных условий и места приложения усилия $F = 5361$ Н приведена на рис. 7.

Результаты расчета эквивалентных напряжений по Мизесу (далее эквивалентные напряжения) [17] и перемещений в вертикальном направлении (далее вертикальные перемещения) для исходного РСХ показаны на рис. 8. Видно, что максимальное значение эквивалентных напряжений в опасном сечении исходного РСХ $\sigma_0^{\max} = 292,73$ МПа, а максимальное значение

вертикальных перемещений его свободного края $v_0^{\max} = -4,89 \cdot 10^{-2}$ мм.

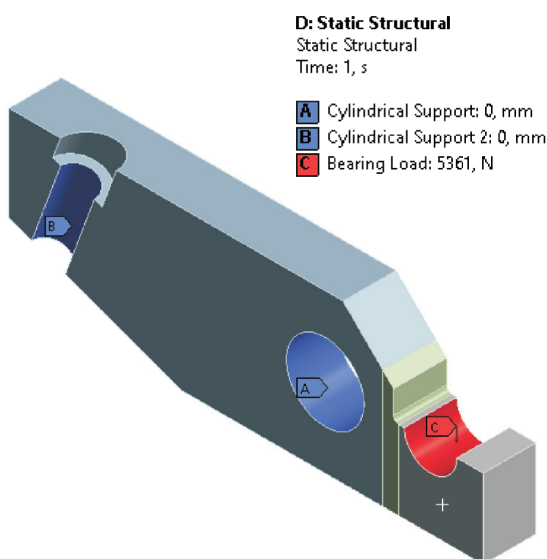
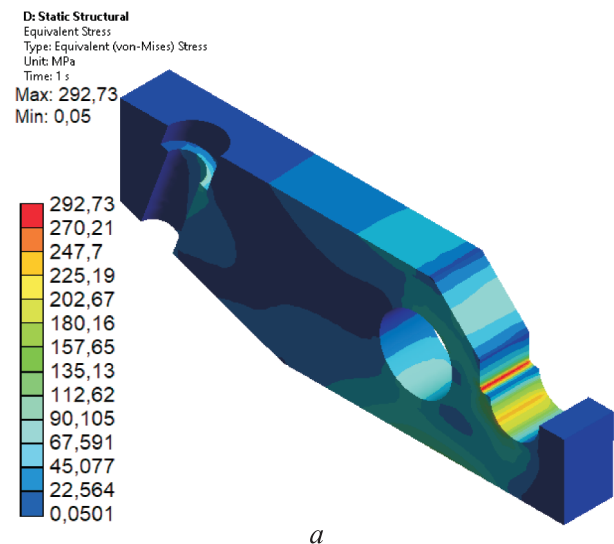
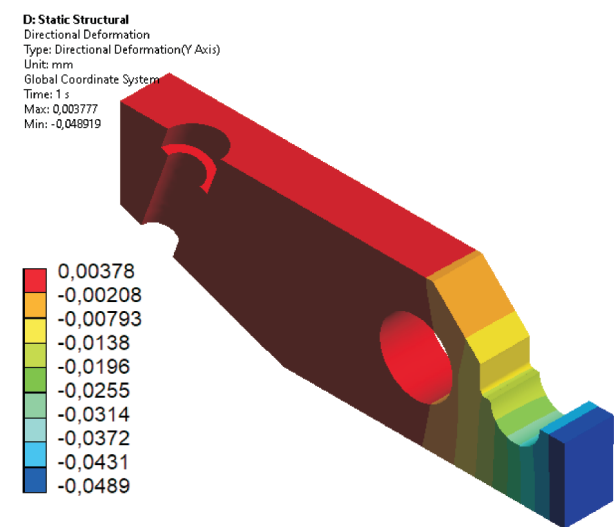


Рис. 7. Модель половины исходного РСХ: А, В — кинематические граничные условия; С — усилие, приложенное к РСХ

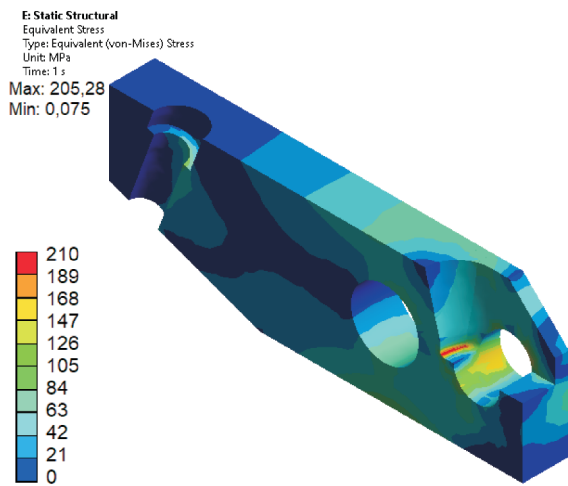


а

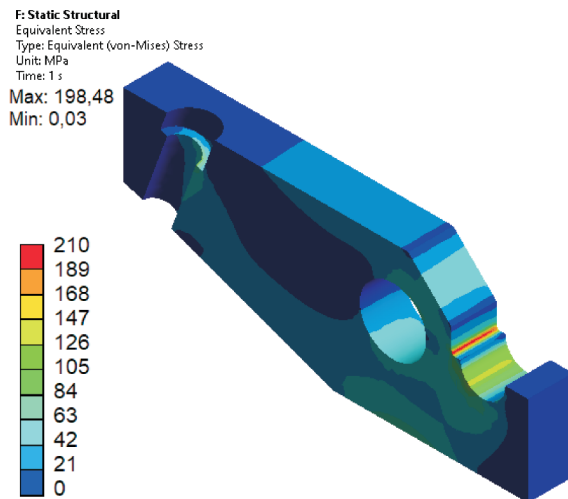


б

Рис. 8. Поля эквивалентных напряжений, МПа, в опасном сечении исходного РСХ (а) и вертикальных перемещений его свободного края, мм, (б)



a



б

Рис. 9. Поля эквивалентных напряжений в опасном сечении, МПа, первого (а) и второго (б) вариантов модифицированного РСХ

Поля эквивалентных напряжений в опасном сечении первого и второго вариантов модифицированного РСХ приведены на рис. 9.

Видно, что у первого варианта модифицированного РСХ максимальное значение эквивалентных напряжений в опасном сечении $\sigma_1^{\max} = 205,28$ МПа, у второго — $\sigma_2^{\max} = 198,48$ МПа. Отсюда следует, что уровень максимальных эквивалентных напряжений в обоих вариантах модифицированного РСХ меньше, чем в исходном РСХ.

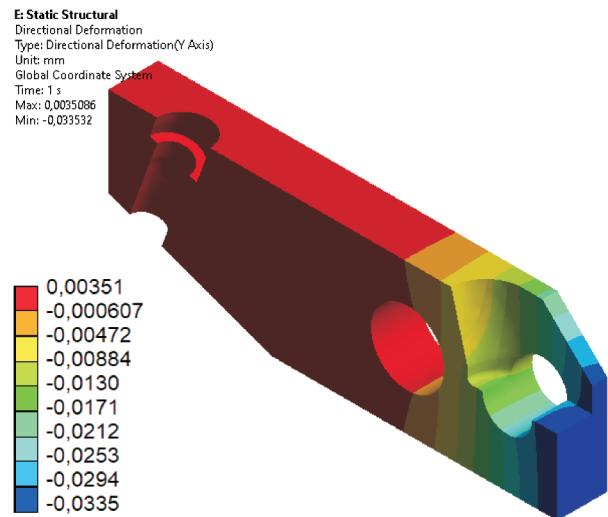
Определены изменения максимальных эквивалентных напряжений в опасном сечении первого δ_1^σ и второго δ_2^σ вариантов модифицированного РСХ:

$$\delta_1^\sigma = (\sigma_1^{\max} - \sigma_0^{\max}) / \sigma_0^{\max} \cdot 100 \% = -30 \%;$$

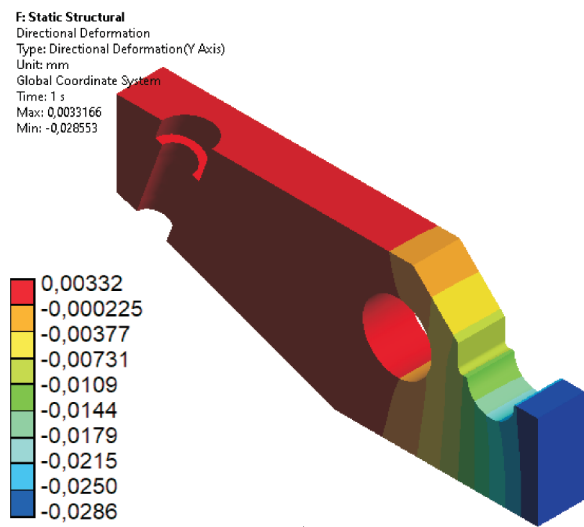
$$\delta_2^\sigma = (\sigma_2^{\max} - \sigma_0^{\max}) / \sigma_0^{\max} \cdot 100 \% = -32 \%.$$

Таким образом, уровень максимальных эквивалентных напряжений в опасном сечении уменьшился на 30...32%. У первого варианта модифицированного РСХ заметно изменился характер напряженно-деформированного состояния, у второго — обнаружены большие области с низким уровнем эквивалентных напряжений, что свидетельствует о невысокой эффективности использования материала.

Поля вертикальных перемещений свободного края первого и второго вариантов модифицированного РСХ показаны на рис. 10. Видно, что максимальные перемещения первого v_1^{\max} и второго v_2^{\max} вариантов модифицированного



a



б

Рис. 10. Поля вертикальных перемещений, мм, свободного края первого (а) и второго (б) вариантов модифицированного РСХ



Рис. 11. Внешний вид модернизированного РСХ

РСХ стали меньше, чем у исходного РСХ, вследствие повышения жесткости детали:

$$v_1^{\max} = -3,35 \cdot 10^{-2} \text{ мм};$$

$$v_2^{\max} = -2,86 \cdot 10^{-2} \text{ мм}.$$

Определены изменения максимальных вертикальных перемещений свободного края первого δ_1^v и второго δ_2^v вариантов модифицированного РСХ:

$$\delta_1^v = (v_1 - v_0) / v_0 \cdot 100 \% = -32 \%;$$

$$\delta_2^v = (v_2 - v_0) / v_0 \cdot 100 \% = -42 \%.$$

Таким образом, максимальные вертикальные перемещения свободного края модифицированного РСХ уменьшились на 32...42 %.

Для модификации РСХ выбран первый вариант конструкции. При практически одинаковом уменьшении максимальных эффективных напряжений у первого варианта модифицированного РСХ меньше область низких значений, что свидетельствует о большей эффективности материала.

Промышленные испытания СС автоматической упаковочной линии АЛБ 165 с модернизированным РСХ (рис. 11) показали высокую надежность механизма.

Вывод

Недостаточная прочность узлов и деталей СС, выполняющих технологические операции обработки материалов, приводит к снижению надежности и ресурса механизма. На основе анализа напряженно-деформированного состояния РСХ СС автоматической упаковочной линии АЛБ 165 предложены варианты модернизации его конструкции, которые позволили снизить уровень максимальных эквивалентных напряжений, возникающих в опасном сечении РСХ, на 30...32 %, а вертикальные перемещения свободного конца РСХ — на 32...42 %.

Литература

- [1] Gao J., Zhao S., Li J. et al. A novel main drive system for the servo press: combination of integrated motor and symmetrically toggle booster mechanism. *CIRP. J. Manuf. Sci. Technol.*, 2022, vol. 37, pp. 596–612, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.03.006>
- [2] Gao J., Zhao S., Li J. et al. Study on dynamic characteristic and forging capacity of the direct drive press with symmetrical toggle booster mechanism driven by TPMLM. *Proc. Inst. Mech. Eng. B: J. Eng. Manuf.*, 2021, vol. 235, no. 11, pp. 1800–1809, doi: <https://doi.org/10.1177/0954405421995637>
- [3] Chang W.T., Lee W.I., Hsu K.L. Analysis and experimental verification of mechanical errors in nine-link type double-toggle mold/die clamping mechanisms. *Appl. Sci.*, 2021, vol. 11, no. 2, art. 832, doi: <https://doi.org/10.3390/app11020832>
- [4] Sun Y., Hu J., Wei L. et al. Decomposition analysis and peak stagger design for Crank-triangular linkage elbow mechanism of mechanical servo presses. *Mech. Ind.*, 2021, vol. 22, art. 43, doi: <https://doi.org/10.1051/meca/2021042>
- [5] Бочаров Ю.А. *Кузнечно-штамповочное оборудование*. Москва, Академия, 2008. 479 с.
- [6] Бурдуковский В.Г., Инатович Ю.В. *Оборудование кузнечно-штамповочных цехов*. Екатеринбург, Изд-во Урал. ун-та, 2018. 168 с.
- [7] Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. *Кузнечно-штамповочное оборудование*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 560 с.
- [8] Свистунов В.Е. *Кузнечно-штамповочное оборудование. Кривошипные прессы*. Москва, МГИУ, 2008. 697 с.
- [9] Таловеров В.Н., Гудков И.Н., Таловеров А.В. *Кузнечно-штамповочное оборудование*. Ульяновск, УлГТУ, 2006. 141 с.
- [10] Корендяев Г.К., Саламандра Б.Л., Саламандра К.Б. и др. Задачи и решения при разработке упаковочных автоматических линий типа Form-Fill-Seal. Ч. 1. Система управ-

- ления линии и требования к характеристикам силовых станций. *Приводы и компоненты машин*, 2012, № 2–3, с. 10–13.
- [11] Корендясев Г.К., Саламандра Б.Л., Саламандра К.Б. и др. Задачи и решения при разработке упаковочных автоматических линий типа Form-Fill-Seal. Ч. 2. Решение задачи сборки на упаковочной автоматической линии. *Приводы и компоненты машин*, 2013, № 1, с. 5–9.
- [12] Корендясев Г.К., Саламандра Б.Л., Саламандра К.Б. и др. Об одной специфической задаче сборки в автоматических линиях упаковки типа: формовка — фасовка — укупорка — вырубка. *Проблемы машиностроения и надежности машин*, 2013, № 2, с. 84–92.
- [13] Саламандра Б.Л., Тывес Л.И., Саламандра К.Б. и др. Некоторые проблемы создания современных автоматических линий на примере линии упаковки типа «формовка-фасовка-укупорка-вырубка». *Проблемы машиностроения и автоматизации*, 2013, № 3, с. 71–79.
- [14] Вайсман Е.Г., Корендясев А.И., Новиков В.И. и др. *Автоматическая упаковочная машина преимущественно для жидких и полужидких продуктов*. Патент РФ 2138427. Заявл. 02.07.1998, опубл. 27.09.1999.
- [15] Артоболевский И.И. *Теория механизмов и машин*. Москва, Наука, 1988. 640 с.
- [16] Зинкевич О.С., Победри Б.Е., ред. *Метод конечных элементов в технике*. Москва, Мир, 1975. 541 с.
- [17] Феодосьев В.И. *Сопротивление материалов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 542 с.

References

- [1] Gao J., Zhao S., Li J. et al. A novel main drive system for the servo press: combination of integrated motor and symmetrically toggle booster mechanism. *CIRP. J. Manuf. Sci. Technol.*, 2022, vol. 37, pp. 596–612, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.03.006>
- [2] Gao J., Zhao S., Li J. et al. Study on dynamic characteristic and forging capacity of the direct drive press with symmetrical toggle booster mechanism driven by TPMLM. *Proc. Inst. Mech. Eng. B: J. Eng. Manuf.*, 2021, vol. 235, no. 11, pp. 1800–1809, doi: <https://doi.org/10.1177/0954405421995637>
- [3] Chang W.T., Lee W.L., Hsu K.L. Analysis and experimental verification of mechanical errors in nine-link type double-toggle mold/die clamping mechanisms. *Appl. Sci.*, 2021, vol. 11, no. 2, art. 832, doi: <https://doi.org/10.3390/app11020832>
- [4] Sun Y., Hu J., Wei L. et al. Decomposition analysis and peak stagger design for Crank-triangular linkage elbow mechanism of mechanical servo presses. *Mech. Ind.*, 2021, vol. 22, art. 43, doi: <https://doi.org/10.1051/meca/2021042>
- [5] Bocharov Yu.A. *Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie* [Press forging equipment]. Moscow, Akademiya Publ., 2008. 479 p. (In Russ.).
- [6] Burdukovskiy V.G., Inatovich Yu.V. *Oborudovanie kuznechno-shtampovochnykh tsekhov* [Equipment for press forging shop]. Ekaterinburg, Izd-vo Ural. un-ta Publ., 2018. 168 p. (In Russ.).
- [7] Zhivov L.I., Ovchinnikov A.G., Skladchikov E.N. *Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie* [Press forging equipment]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2006. 560 p. (In Russ.).
- [8] Svistunov V.E. *Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie. Krivoshipnye pressy* [Press forging equipment. Crank presses]. Moscow, MGIU Publ., 2008. 697 p. (In Russ.).
- [9] Taloverov V.N., Gudkov I.N., Taloverov A.V. *Kuznechno-shtampovochnoe oborudovanie* [Press forging equipment]. Ul'yanovsk, UIGTU Publ., 2006. 141 p. (In Russ.).
- [10] Korendyasev G.K., Salamandra B.L., Salamandra K.B. et al. Problems and decisions at form-fill-seal automatic lines developments. P. 1. Control system and requirements to features of the power units. *Privody i komponenty mashin* [Machine Drives and Parts], 2012, no. 2–3, pp. 10–13. (In Russ.).
- [11] Korendyasev G.K., Salamandra B.L., Salamandra K.B. et al. Problems and decisions at form-fill-seal automatic lines developments. P. 2. Decisions of the specific problem of assembly for packing automatic line. *Privody i komponenty mashin* [Machine Drives and Parts], 2013, no. 1, pp. 5–9. (In Russ.).

- [12] Korendyasev G.K., Salamandra B.L., Salamandra K.B. et al. Concerning one specific task of assembly in the automatic packing lines of the "Forming-Pre-Packing-Sealing-Cutting" type. *Problemy mashinostroeniya i nadezhnosti mashin*, 2013, no. 2, pp. 84–92. (In Russ.). (Eng. version: *J. Mach. Manuf. Reliab.*, 2013, vol. 42, no. 2, pp. 159–165, doi: <https://doi.org/10.3103/S1052618813020076>)
- [13] Salamandra B.L., Tyves L.I., Salamandra K.B. et al. Some problems of creating modern automatic lines on the example of the line package of "forming-filling-corking-felling" type. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii*, 2013, no. 3, pp. 71–79. (In Russ.).
- [14] Vaysman E.G., Korendyasev A.I., Novikov V.I. et al. *Avtomaticheskaya upakovochная mashina preimushchestvenno dlya zhidkikh i poluzhidkikh produktov* [Automatic packing machine for liquid and semiliquid products]. Patent RU 2138427. Appl. 02.07.1998, publ. 27.09.1999. (In Russ.).
- [15] Artobolevskiy I.I. *Teoriya mekhanizmov i mashin* [Theory of mechanisms and machines]. Moscow, Nauka Publ., 1988. 640 p. (In Russ.).
- [16] Zinkevich O.S., Pobedri B.E., eds. *Metod konechnykh elementov v tekhnike* [Finite elements method in technics]. Moscow, Mir Publ., 1975. 541 p. (In Russ.).
- [17] Feodos'yev V.I. *Soprotivlenie materialov* [Strength of materials]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2021. 542 p. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 07.06.2022

Информация об авторах

ЗАМУРАГИН Юрий Михайлович — аспирант, младший научный сотрудник. Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101000, Москва, Российская Федерация, Малый Харитоньевский переулок, д. 4, e-mail: yury.zamuragin@yandex.ru).

САЛАМАНДРА Константин Борисович — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник. Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (101000, Москва, Российская Федерация, Малый Харитоньевский переулок, д. 4, e-mail: ksalamandra@yandex.ru).

Information about the authors

ZAMURAGIN Yury Mikhailovich — Postgraduate, Junior Researcher. Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (101000, Moscow, Russian Federation, Russian Federation, Maliy Kharitonievskiy Lane, Bldg. 4, e-mail: yury.zamuragin@yandex.ru).

SALAMANDRA Konstantin Borisovich — Doctor of Science (Eng.), Leading Researcher. Blagonravov Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences (101000, Moscow, Russian Federation, Maliy Kharitonievskiy Lane, Bldg. 4, e-mail: ksalamandra@yandex.ru).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Замурагин Ю.М., Саламандра К.Б. Повышение надежности и ресурса силовых станций автоматических линий. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2022, № 10, с. 26–34, doi: 10.18698/0536-1044-2022-10-26-34

Please cite this article in English as:

Zamuragin Yu.M., Salamandra K.B. Increasing the Reliability and Resource of Power Stations of Automatic Lines. *BMSTU Journal of Mechanical Engineering*, 2022, no. 10, pp. 26–34, doi: 10.18698/0536-1044-2022-10-26-34