

УДК (UDC) 655.3

ВЛИЯНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПОРНОГО РОЛИКА НА ДЕФОРМАЦИЮ ПЕЧАТНОГО ЦИЛИНДРА ОТ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ЗАХВАТОВ

THE EFFECT OF THE OPERABILITY OF THE SUPPORT ROLLER ON THE DEFORMATION OF THE PRINTING CYLINDER FROM THE ACTION OF THE GRIPPING SYSTEM

Серкова Л.Б., Варепо Л.Г.
Serkova L.B., Varepo L.G.Омский государственный технический университет (Омск, Россия)
Omsk State Technical University (Omsk, Russia)

Аннотация. Особую важность на совмещение красок и точность передачи листа в секциях печатной машины оказывает листопередающая система, нарушение в работе которой приводит к браку продукции или отказу работы машины. Данная проблема часто связана с появлением дополнительных перемещений в опорном ролике кулачкового механизма листопередающей системы, что приводит к смещению системы захватов, ее перекосу или полному выходу из строя. В работе рассмотрены результаты изучения деформационных способностей печатного цилиндра от действия системы захватов. Рассмотрены различные случаи действия нагрузки: система срабатывает равномерно по длине цилиндра, а также со смещением по одной стороне. Для проведения виртуального эксперимента разработана трехмерная модель печатного цилиндра, имеющего технологическую выемку для размещения в ней технологического оборудования, а именно системы захватов листопередающей системы. Виртуальный эксперимент выполнен с применением метода конечных элементов. Определено, что при неисправности опорного ролика листопередающей системы наблюдается смещение наибольших деформаций в сторону одной из опор печатного цилиндра. Отмечено, что смещение системы захватов по длине цилиндра равно 1 мм в два раза увеличивает деформацию цилиндра.

Ключевые слова: полиграфия, офсетная печать, листопередающая система, печатная машина, деформации.

Дата получения статьи: 04.09.2024
Дата принятия к публикации: 19.05.2025
Дата публикации: 25.06.2025

Сведения об авторах:

Серкова Любовь Борисовна – старший преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический

Abstract. Of particular importance to the combination of inks and the accuracy of sheet transmission in the sections of the printing press is the sheet transmission system, the malfunction of which leads to defective products or machine failure. This problem is often associated with the appearance of additional movements in the support roller of the cam mechanism of the leaf transfer system, which leads to displacement of the gripping system, its distortion or complete failure. The paper considers the results of studying the deformation abilities of a printing cylinder from the action of a locking system. Various cases of load action are considered: the system operates evenly along the length of the cylinder, as well as with an offset on one side. To conduct a virtual experiment, a three-dimensional model of a printed cylinder has been developed, which has a technological recess for placing technological equipment in it, namely, a gripping system for a sheet-transmitting system. The virtual experiment was performed using the finite element method. It is determined that in case of malfunction of the support roller of the printing system, the displacement of the largest deformations towards one of the supports of the printing cylinder is observed. It is noted that the displacement of the gripper system along the length of the cylinder equal to 1 mm doubles the deformation of the cylinder.

Keywords: printing, offset printing, sheet metal transfer system, printing machine, deformation,.

Date of manuscript reception: 04.09.2024
Date of acceptance for publication: 19.05.2025
Date of publication: 25.06.2025

Authors' information:

Lyubov B. Serkova – Senior Lecturer at the Department of Oil and Gas Engineering, Standardization and Metrology, Omsk State Technical University, e-mail: lubashka_2010@mail.ru.

университет», e-mail: lubashka_2010@mail.ru.

Варепо Лариса Григорьевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет»,
e-mail: lgvarepo@omgtu.ru.

ORCID: 0000-0001-5366-2700

†
†
†
†
†
†
†
†
†
†
†

Larisa G. Varepo – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Oil and Gas Engineering, Standardization and Metrology, Omsk State Technical University,
e-mail: lgvarepo@omgtu.ru.

ORCID: 0000-0001-5366-2700

1. Введение

Производство полиграфической продукции на сегодняшний день не только не теряет своих позиций, но и во многом растет необходимость в виде печати различного рода упаковок, этикеток и прочего. Ввиду этого к печатным машинам предъявляются высокие требования к скорости и качеству печати.

Повышение работоспособности используемого оборудования является важной задачей любого производства. Полиграфическая машина – сложная система, включающая в себя большое количество различных узлов [1, 2], от работы которых зависит качество выпускаемой продукции. Сбой в производстве приводит к материальным затратам и браку продукции.

Обеспечение качества выпускаемой продукции является основной задачей производства. К факторам, оказывающим влияние на передачу листа в листопередающей системе, можно отнести, во-первых, элементы системы захватов (опорные ролики, захваты, пружины и т.д.), а также параметры используемого запечатываемого материала. Фиксация листа зависит от многих составляющих, таких как захваты, индивидуальные пружины сжатия каждого захвата, вал и его опоры, кулачковый рычажный привод, замыкающие пружины сжатия или торсионные пружины, а так же опорные ролики, которые наиболее подвержены износу, именно они чаще всего выходят из строя ввиду появления смещений в районе цапфы, что было выяснено в ходе работы со специалистами по обслуживанию печатной машины.

Наибольшее распространение для массовой печати получили офсетные печатные машины, которые обязательно включают в себя следующие узлы: устройства подачи листов бумаги в печатную машину, листопе-

редающая система, увлажняющий аппарат, красочный, печатный аппарат, систему вывода печатного изображения.

Передача листа в офсетной печатной машине осуществляется с помощью специальных систем захватов, которые расположены в технологических выемках цилиндров (рис. 1).



Рис.1. Система захватов

Самым распространенным способом передачи листа захватами является способ передачи за переднюю кромку [3, 4], при этом траектория движения листа совпадает с траекторией вращения цилиндра от момента захвата до передачи листа в последующие захваты. Конструкция системы захватов для различных печатных машин отличается, в большинстве случаев поверхность захвата для более плотного удержания листа и исключения его проскальзывания имеет специальное покрытие [5]

Основными принципами передачи листа являются следующие [3]:

1. Передняя кромка листа должна быть прижата системой захватов к поверхности цилиндра, что позволяет с помощью сил

трения удерживать запечатываемый лист на опоре и тем самым позволять совершать совместное движение листа и цилиндра;

2. Для того, чтобы не создавать дополнительных помех, вся система захватов должна располагаться в теле цилиндра, т.е. в нерабочей зоне;

3. Для обеспечения открытия и закрытия системы захватов необходимо, чтобы опорные ролики, в которых закреплен вал захватов, совершали движение по поверхности с кулачком, при подъеме на который срабатывает механизм.

4. Для обеспечения бесперебойности процесса передачи листа необходимо, чтобы скорость вращения цилиндров, между которыми происходит контакт, совпадала.

Согласно [6] для некоторых моделей печатных машин наблюдается высокий показатель отказов, связанных с работой листопередающей системы и достигает 22% от общего количества отказов, что вызывает необходимость разработки новых методик, которые позволят контролировать и совершать проверку технического состояния данной системы.

От точности работы листопередающей системы во многом зависит совмещение красок на выпускаемой продукции [7]. Так в работе [8] приведены результаты разработки метода цифрового определения параметров моделирования совмещения красок в листопередающей системе офсетной печатной машины. Несмотря на высокую скорость работы машины, к совмещению красок предъявляются высокие требования (не более 0,10 ... 0,15 мм) для печати журналов, книг, обложек, этикеток и прочее), соответственно, предъявляются высокие требования к точности работы листопередающей системы. Применение цифровых технологий позволит повысить качество контроля и позволят уменьшить технологические потери в процессе эксплуатации машины.

Располагаясь внутри цилиндра, данная система совершает вращательное движение совместно с его телом, опираясь на опорный ролик [9, 10], который в свою очередь совершает движение по опорной поверхности, имеющей кулачок, при подъеме на котором

система захватов открывается и отпускает или захватывает лист с другого цилиндра.

Таким образом, точность работы системы захватов оказывают существенное влияние на качество выпускаемой продукции, а нарушение работы опорного ролика приводит к смещению системы и изменению распределения деформаций на цилиндре. Данный вопрос является малоизученным, что говорит об актуальности данного исследования.

2. Постановка задачи

Появление дополнительных перемещений в системе захватов во многом может быть связано с работой опорного ролика. Появление в нем дополнительных перемещений создает в свою очередь перемещения во всей системе.

Целью работы является изучение деформационных особенностей печатного цилиндра имеющего технологическую выемку, в которой расположена система захватов. Для ее достижения необходимо решить следующие основные задачи:

- разработать модель печатного цилиндра, имеющего технологическую выемку;
- изучить характер распределения нагрузки от действия системы захватов, изучить возможные допущения при проведении эксперимента.

Для расчёта выбрана система прочностного анализа АРМ FEM для КОМПАС-3D. Эта система прочностного анализа разработана на базе российской САД-системы даёт возможность оценить прочность детали или сборки на этапе проектирования.

3. Теория

Передачу листа можно представить в следующем виде (рис. 2). Данная последовательность операций описывает данный процесс большого количества современных печатных машин.

Система захватов работает при высоких динамических нагрузках, за счет кулачкового механизма. Таким образом, в течение одного рабочего цикла в системе меняются условия равновесия сил, что в свою очередь вызывает



Рис.1. Процесс передачи листа

деформацию вала захватов и, соответственно, его скручивание [11, 12] (рис. 3 и 4).

Появляющееся скручивание вызывает смещение системы захватов к концу вала от кулачкового механизма, при значительном скручивании вала захватов может возникать смещение или перекося запечатываемого материала, а также его надрыв.

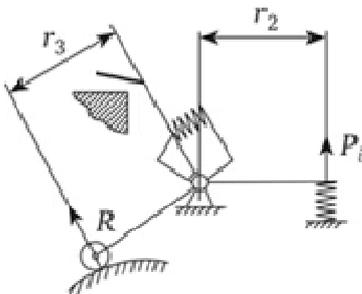


Рис.3. Схема нагружения при открытых захватах

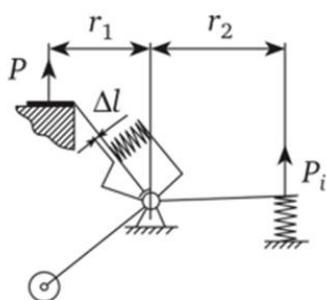


Рис.4. Схема нагружения при закрытых захватах

Однако наибольший перекося в системе может вызвать нарушение работы опорного ролика, т.к. высокие динамические нагрузки приводят к выбиванию кольца опорного ролика (рис. 5).



Рис.5. Расположение опорного ролика

Алгоритм проведения виртуального эксперимента с помощью метода конечных элементов можно представить следующим образом:

1. Разработка геометрии 3D-модели.
2. Выбор граничных условий и видов закреплений.
3. Автоматическая разбивка конечно-элементной сетки.
4. Выбор параметров расчёта.
5. Выполнение расчёта.
6. Изучение полученных результатов расчёта.
7. Корректировка модели на основе полученных результатов.
8. Повторный расчёт модели.

Метод конечных элементов включает в себя следующие основные этапы (рис. 6), от точности которых зависит корректность проведенного эксперимента. Так, например, форма конечных элементов и количество узлов в нем влияет на точность передачи фор-

мы, а, соответственно, и точности передачи нагрузки. В эксперименте были рассмотрены модели с различными характеристиками разбиения на конечные элементы и подобраны наиболее оптимальные характеристики.



Рис.6. Решение задачи с помощью метода конечных элементов

Модель печатного цилиндра представлена на рис. 7. Основные геометрические размеры (табл. 1) разработанной модели соответствуют стандартным размерам печатных форматов.

Таблица 1

Основные размеры модели

Размер	Значение, м
Общая длина (включая цапфы)	0,95
Длина цилиндра	0,75
Диаметр цилиндра	0,22
Диаметр цапф	0,04
Толщина рубашки печатного цилиндра	0,0003

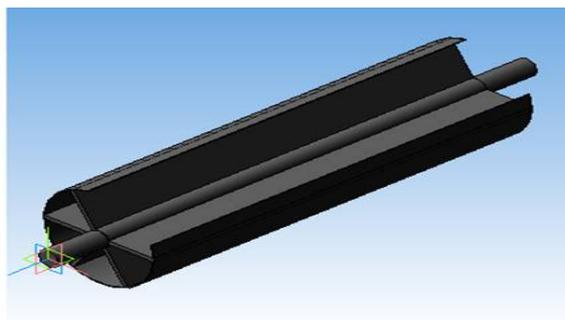


Рис.7. Модель печатного цилиндра

Конструкция печатного цилиндра представляет собой тело цилиндра и размещенную на поверхности рубашку. Материал обеих деталей сталь 30 (табл. 2), характеристики которой представлены в [13].

Таблица 2

Характеристики стали 30

Показатель	Значение
Предел текучести, МПа	460
Модуль упругости нормальный, МПа	210000
Коэффициент Пуассона	0,3
Плотность, кг/м ³	7850
Температурный коэффициент линейного расширения, С ⁻¹	0,000012
Теплопроводность, Вт/(м·С)	49
Предел прочности при сжатии, МПа	600
Предел выносливости при растяжении, МПа	294
Предел выносливости при кручении, МПа	150

Сопряжение двух деталей выполнено по кромке технологической выемки. В теле цилиндра предусмотрена технологическая выемка, угол вырезанного сектора составляет 83°.

Количество ребер жёсткости – 5 шт. Угол между рёбрами жёсткости составляет 60° .

В ранее выполненных исследованиях других авторов [14, 15] были изучены деформации офсетного цилиндра от действия давления печати, определены основные характеристики закрепления модели и граничные условия. В работах представлены полнотелые цилиндры. Однако, важность прохождения технологических выемок так же была отмечена [16, 17]. Для цилиндров с технологическими выемками проведены исследования по изучению деформационных особенностей от действия давления печати [18 - 20].

4. Результаты

В качестве нагрузки от действия системы захватов принято считать значение, равное 40 ... 60 Н. В работе принято значение 60 Н для всех образцов. Несмотря на то, что лист бумаги прижимается рядом отдельных захватов, было принято допущение, что нагружение производится по сплошной линии (рис 8).

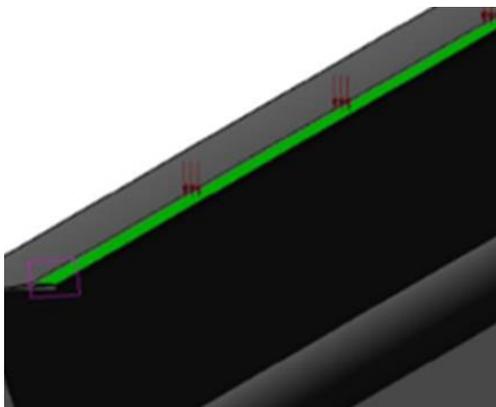


Рис.8. Линия нагружения печатного цилиндра с технологической выемкой от действия системы захватов

Выделение площади каждого отдельного захвата не дало значительного отличия от выделения линии.

Максимальная ширина линии соответствует длине захвата.

Следующим этапом исследования предполагается разбиение модели на конечные элементы. Элементы представлены в форме тетраэдров.

На рис. 9 представлены результаты суммарных линейных перемещений от системы захватов для первой модели. Максимальные напряжения наблюдаются в центре детали, так как нагрузка приложена равномерно. Максимальные суммарные перемещения в этом случае составили $3,3 \cdot 10^{-4}$ мм, что при допустимом значении 0,02 мм обеспечивает безопасность с большим запасом.

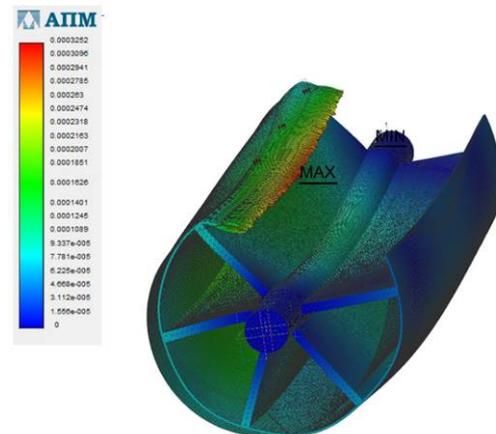


Рис. 9. Модель 1. Суммарные линейные перемещения от действия системы захватов

При смещении системы захватов с одной из сторон на 1 мм (рис. 10) наблюдается смещение максимальных линейных перемещений от центра в сторону одной из опор, при этом максимальные суммарные перемещения равны $7,6 \cdot 10^{-4}$ мм, что в два раза больше, чем в первом случае.

Действие системы захватов не единственная нагрузка действующая на цилиндр. Помимо этого имеют место деформации связанные с давлением печати, которое составляет 4,3 кН. В ранее выполненных работах на этой же модели [19 - 21] было установлено, что при приложении нагрузки к различным точкам, ни одно значение не превысило максимально допустимого значения.

Наибольшее значение деформации наблюдалось по линии наиболее близко расположенной к технологической выемке печатного цилиндра и составило 0,0114 мм. Также более высокие деформации наблюдались при нагружении центра сечения цилиндра. Наименьшее значение деформаций наблюдается при приложении нагрузки к местам, где расположены ребра жёсткости.

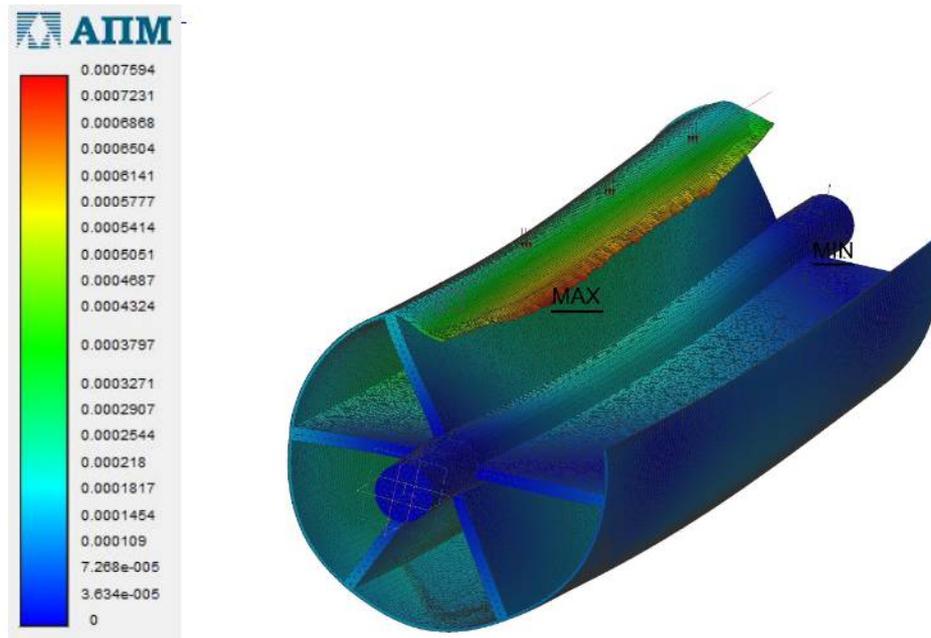


Рис. 10. Модель 2. Суммарные линейные перемещения от действия системы захватов

5. Выводы

Таким образом, в ходе работы для проведения виртуального эксперимента была разработана трехмерная модель печатного цилиндра, имеющего технологическую выемку для размещения в ней технологического оборудования, а именно системы захватов листопередающей системы.

Трехмерная модель цилиндра нагружалась двумя способами: при правильном срабатывании системы захватов (нет смещения в системе) и при сбое в работе системы (смещение в системе 1 мм).

Для каждой из моделей максимальные суммарные перемещения не превышают допустимых, максимальное перемещение наблюдается при смещении системы захватов, перемещение при равномерном распределении нагрузки более чем в 2 раза меньше, чем при перекосе вала захватов. Максимальное значение перемещения с большим запасом входит в пределы допустимых значений.

Действие системы захватов не является результирующим, так как перемещения от действия давления печати более чем в 14 раз выше, чем от системы захватов.

Список литературы

1. Толивер-Нигро Х. Технологии печати. М.: ПРИНТ-МЕДИА центр, 2006. 225 с.
2. Митрофанов В.П., Тюрин А.А., Бирбраер Е.Г., Штоляков В.И. Печатное оборудование. М.: Изд-во МГУП, 1999. 441с.
3. Штоляков В.И. Федосеев А.Ф., Зирнзак Л.Ф. Печатные машины фирмы «Гейдельберг». Офсетные печатные машины. М.: МГУП, 1999. 120 с.
4. Способ передачи листов захватами / А.А. Тюрин. – Патент РФ на изобретение № 343931 А1 СССР. Заявл. 26.07.1967, № 1175652/28-12. Опубл. 07.07.1972.
5. Способ улучшения эксплуатационных

References

1. Toliver-Nigro H. *Tekhnologii pechati* [Printing technologies]. Moscow, PRINT-MEDIA tsentr, 2006. 225 p. (In Russian)
2. Mitrofanov V.P., Tyurin A.A., Birbrayer Ye.G., Shtolyakov V.I. *Pечатnoye oborudovaniye* [Printing equipment]. Moscow, Izd-vo MGUP, 1999. 441 p. (In Russian)
3. Shtolyakov V.I., Fedoseyev A.F., Zirnzak L.F. *Pечатnyye mashiny firmy «Geydel'berg»*. *Ofsetnyye pechatnyye mashiny* [Heidelberg printing presses. Offset printing machines]. Moscow, Izd-vo MGUP, 1999. 120 p. (In Russian)
4. Patent SSSR 343931 A1 *Sposob pereda-*

свойств захватов листопередающей системы листовых офсетных печатных машин / А.В. Несхозиевски, Т.М. Несхозиевская, П.А. Киричок. – Патент на изобретение № 79894 UA. Заявл. 12.09.2012, № 201210682. Опубл. 13.05.2013

6. Голуб Н.С. Надежность основных узлов печатных машин ROLAND // Научные стремления. 2018. № 23. С. 64–68.

7. Морфлюк В. Ф. Карпенко И. С. Research models of the processes stabilization the parameters of process register the colors in sheet transfer system // Технология і техніка друкарства. 2014. № 1(43). С. 30–36.

8. Морфлюк В. Ф. Карпенко И. С., Чуркин В. В. Метод цифрового определения параметров моделирования совмещения красок в листопередающей системе печатных машин // Труды БГТУ. Серия 4: Принт и медиатехнологии. 2016. № 9 (191). С. 22–28.

9. Серкова Л.Б., Варепо Л.Г. Исследование дефектов опорных роликов листопередающей системы печатной машины // Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2024. № 1. С. 46–54. DOI: 10.22281/2413-9920-2024-10-01-46-54.

10. Серкова Л.Б., Варепо Л.Г. Исследование напряженно-деформированного состояния различных конструкций опорного ролика листопередающей системы печатной машины методом конечных элементов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 5. С. 315–318. DOI: 10.24412/2071-6168-2023-5-315-316.

11. Одинокова Е.В., Куликов Г.Б., Герценштейн И.Ш. Проектирование полиграфических машин. М.: Моск. гос. ун-т печати, 2003. 409 с.

12. Штоляков В. И., Румянцев В. Н. Печатное оборудование. М.: Издательство Юрайт, 2020. 470 с.

13. ГОСТ 1050-2013. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия. Введ. 2015-01-01. М.: Стандартинформ, 2014. 31 с.

14. Суслов М.В. Оценка влияния элементов конструкции на деформации цилиндров

chi listov zakhvatami [The method of transferring sheets by grabbing]. Tyurin A.A. Declared 26.07.1967. Published 07.07.1972. (In Russian)

5. Patent UA 79894 *Sposob uluchsheniya ekspluatatsionnykh svoystv zakhvatov listopereadayushchey sistemy listovykh ofsetnykh pechatnykh mashin* [A method for improving the operational properties of grippers of the sheet transfer system of sheet offset printing machines]. Neskhoziyevski A.V., Neskhoziyevskaya T.M., Kirichok P.A. Declared 12.09.2012. Published 13.05.2013 (In Russian)

6. Golub N.S. Reliability of the main components of ROLAND printing machines. *Nauchnyye stremleniya*, 2018, No 23. pp. 64–68. DOI: 10.31882/2311-4711.2018. (In Russian)

7. Morfliuk V.F., Karpenko I.S. Research models of the processes stabilization the parameters of process register the colors in sheet transfer system. *Tekhnologiya i tekhnika druzkarstva*, 2014, No.1(43). pp. 30–36. (In Russian).

8. Morflyuk V.F. Karpenko I.S., Churkin V.V. A method for digitally determining the modeling parameters of ink alignment in a sheet-transmitting printing machine system. *Trudy BGTU. Seriya 4: Print i mediatekhnologii*, 2016, No. 9 (191). pp. 22–28. (In Russian)

9. Serkova L.B., Varepo L.G. Investigation of defects in the support rollers of the sheet-transmitting system of a printing machine. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2024, No 1. pp. 46–54. DOI: 10.22281/2413-9920-2024-10-01-46-54. (In Russian)

10. Serkova L.B., Varepo L.G. Investigation of the stress-strain state of various designs of the support roller of the sheet-transmitting system of a printing machine by the finite element method. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki*, 2023, No 5. pp. 315–318. DOI: 10.24412/2071-6168-2023-5-315-316. (In Russian)

11. Odinkova Ye.V., Kulikov G.B., Gertsenshteyn I.SH. *Proyektirovaniye poligraficheskikh mashin* [Design of printing machines]. Moscow, Mosk. gos. un-t pechaty, 2003. 409 p. (In Russian)

12. Shtolyakov V.I., Rumyantsev V.N.

печатной пары: дисс. ... канд. техн. наук. М.: Моск. гос. ун-т печати, 2010. 98 с.

15. Семенов А. А. Моделирование деформаций печатного цилиндра машины формата А1 // Вестник Московского государственного университета печати. 2012. С. 94–96.

16. Суслов М.В., Герценштейн И.Ш., Аль Д.Л. Нестабильность давления печати при прохождении краев выемки цилиндров офсетного печатного аппарата через зону печати // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2010. № 6. С. 47–51.

17. Аль Д.Л. Деформация цилиндров печатного аппарата при прохождении выемок // Известия высших учебных заведений. Проблемы полиграфии и издательского дела. 2011. № 1. С. 052–058.

18. Серкова Л.Б., Варепо Л.Г. Исследование деформационных характеристик конструкции печатного цилиндра // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020. № 5. С. 498–504.

19. Serkova L.B., Varepo L.G., Kolozova O.A., Belyaev P.S., Bezzateeva E.G. Assessment of printing cylinder deformation effect on nature of load distribution // Journal of Physics. 2021. Vol. 1901. P. 012024. DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012024

20. Серкова Л.Б. Исследование деформаций печатного цилиндра методом конечных элементов // Метрология, стандартизация и управление качеством: Материалы V Всероссийской научно-технической конференции. 2020. С. 204–209.

Pechatnoye oborudovaniye [Printing equipment]. Moscow, Izdatelstvo Yurayt, 2020. 470 p. (In Russian)

13. GOST 1050–2013. *Metalloproduksiya iz nelegirovannykh konstruktсионnykh kachestvennykh i spetsialnykh staley. Obshchiye tekhnicheskkiye usloviya*. Moscow, Standartinform, 2014. 31 p. (In Russian)

14. Suslov M.V. Evaluation of the influence of structural elements on the deformation of the cylinders of a printed pair. Diss. Cand. Sci. (Engineering). Moscow. 2010. 98 p. (In Russian)

15. Semenov, A.A. Modelirovaniye deformatsiy pechatnogo tsilindra mashiny formata A1. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta pechati*, 2012. pp. 94–96. (In Russian)

16. Suslov M.V., Gertsenshteyn I.SH., Al' D.L. Instability of the printing pressure when the edges of the cylinder recess of the offset printing press pass through the printing area. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatelskogo dela*, 2010, No. 6. pp. 47–51. (In Russian)

17. Al' D.L. Deformation of the cylinders of the printing press during the passage of recesses. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Problemy poligrafii i izdatelskogo dela*, 2011, No 1. pp. 52–58. (In Russian)

18. Serkova L.B., Varepo L.G. Investigation of the deformation characteristics of the printing cylinder design. *Izvestiya Tulskego gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskkiye nauki*, 2020, No 5. pp. 498–504. (In Russian)

19. Serkova, L.B., Varepo L.G., Kolozova O.A., Belyaev P.S., Bezzateeva E.G. Assessment of printing cylinder deformation effect on nature of load distribution. *Journal of Physics*, 2021, No/ 1901. P. 012024. DOI: 10.1088/1742-6596/1901/1/012024

20. Serkova L.B. Investigation of deformations of a printed cylinder by the finite element method. *Metrologiya, standartizatsiya i upravleniye kachestvom: Materialy V Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*, Omsk, OmGTU, 2020. pp. 204–209. (In Russian)