



УДК 621.31:621.771.06-88

**ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ПРОКАТНОГО СТАНА****Андрей Анатольевич Мальцев**

к.т.н., доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ им Н.Э. Баумана

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Тронников Александр Иванович**

к.т.н., доцент кафедры ФН-7 МГТУ им Н.Э. Баумана

e-mail: a.tronnikov@hotmail.com**Аннотация**

Выявлены группы показателей качества, определяющие пригодность главного электропривода прокатного стана преобразовывать электрическую энергию в механическую для вращения рабочих валков. Выполнен сравнительный структурный анализ надежности двух конфигураций электроприводов с вычислением вероятностей их безотказной работы. Доказана целесообразность реконструкции прокатного стана путем замены группового электропривода рабочих валков индивидуальным.

Ключевые слова: металлургия, система, вероятность безотказной работы, электропривод, структурный анализ.

**ASSESSMENT OF PROBABILITY OF FAILURE-FREE OPERATION OF THE
ROLLING MILL****Andrey A. Maltsev**

associate professor, BMSTU ФН-7 and МТ-10 Departments

e-mail: a.a.mal@bmstu.ru**Alexander I. Tronnikov**

associate professor, BMSTU ФН-7 Department

e-mail: a.tronnikov@hotmail.com**ABSTRACT**

Groups of quality indicators that determine the suitability of the main electric drive of a rolling mill to convert electrical energy into mechanical energy for the rotation of working rolls are identified. A comparative structural analysis of the reliability of two configurations of electric drives with the calculation of the probabilities of their failure-free operation is performed. The

expediency of reconstruction of the rolling mill by replacing the group electric drive of the working rolls with an individual one is proved.

Keywords: metallurgy, system, probability of failure-free operation, electric drive, structural analysis.

Введение

Объект исследования — электропривод рабочих валков прокатного стана, представляющий собой электромеханическую систему, состоящую из мотор-редуктора, муфты, шестеренной клетки, двух шпинделей и релейно-контакторной аппаратуры, предназначенную для вращения рабочих валков и регулирования скорости вращения в целях осуществления технологического процесса прокатки заготовки (рис. 1).

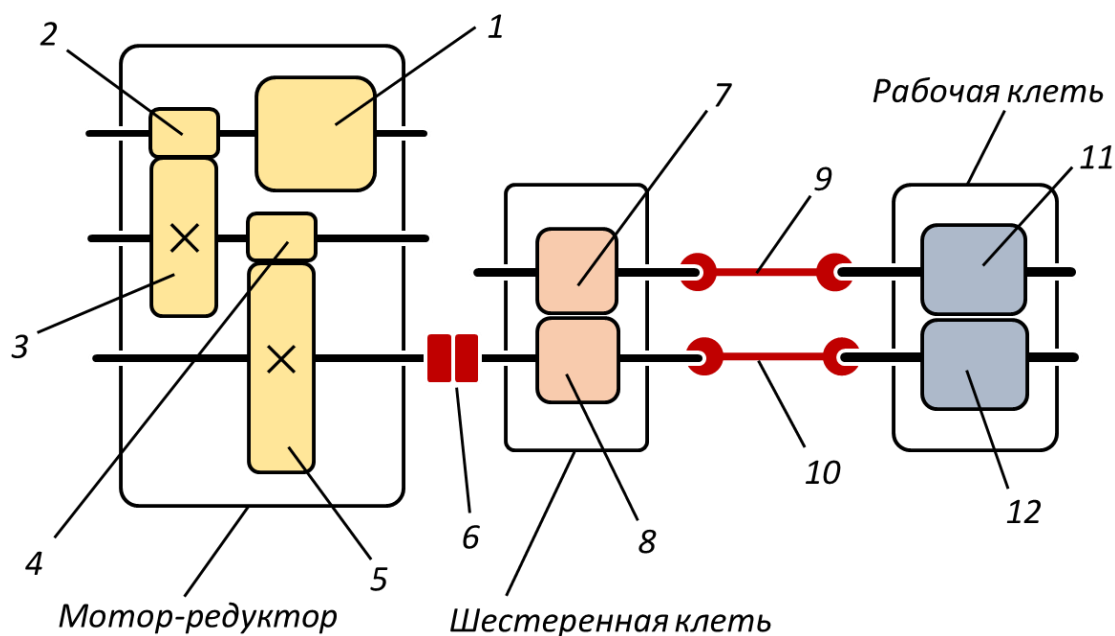


Рис. 1. Кинематическая схема электропривода:

- 1 – ротор;
- 2, 4 – вал-шестерни;
- 3, 5 – зубчатые колеса;
- 6 – муфта;
- 7, 8 – шестеренные валки;
- 9, 10 – шпиндели;
- 11, 12 – рабочие валки

Предмет исследования — качество электропривода рабочих валков прокатного стана как совокупность свойств, определяющих пригодность данного электропривода преобразовывать электрическую энергию в механическую для вращения рабочих валков во время прокатки заготовки.

Для количественной оценки качества электропривода существует номенклатура безразмерных показателей, а также показателей, выраженных в процентах или в единицах измерения различных физических величин.

Исследованию подлежат целые группы показателей качества (рис. 2).

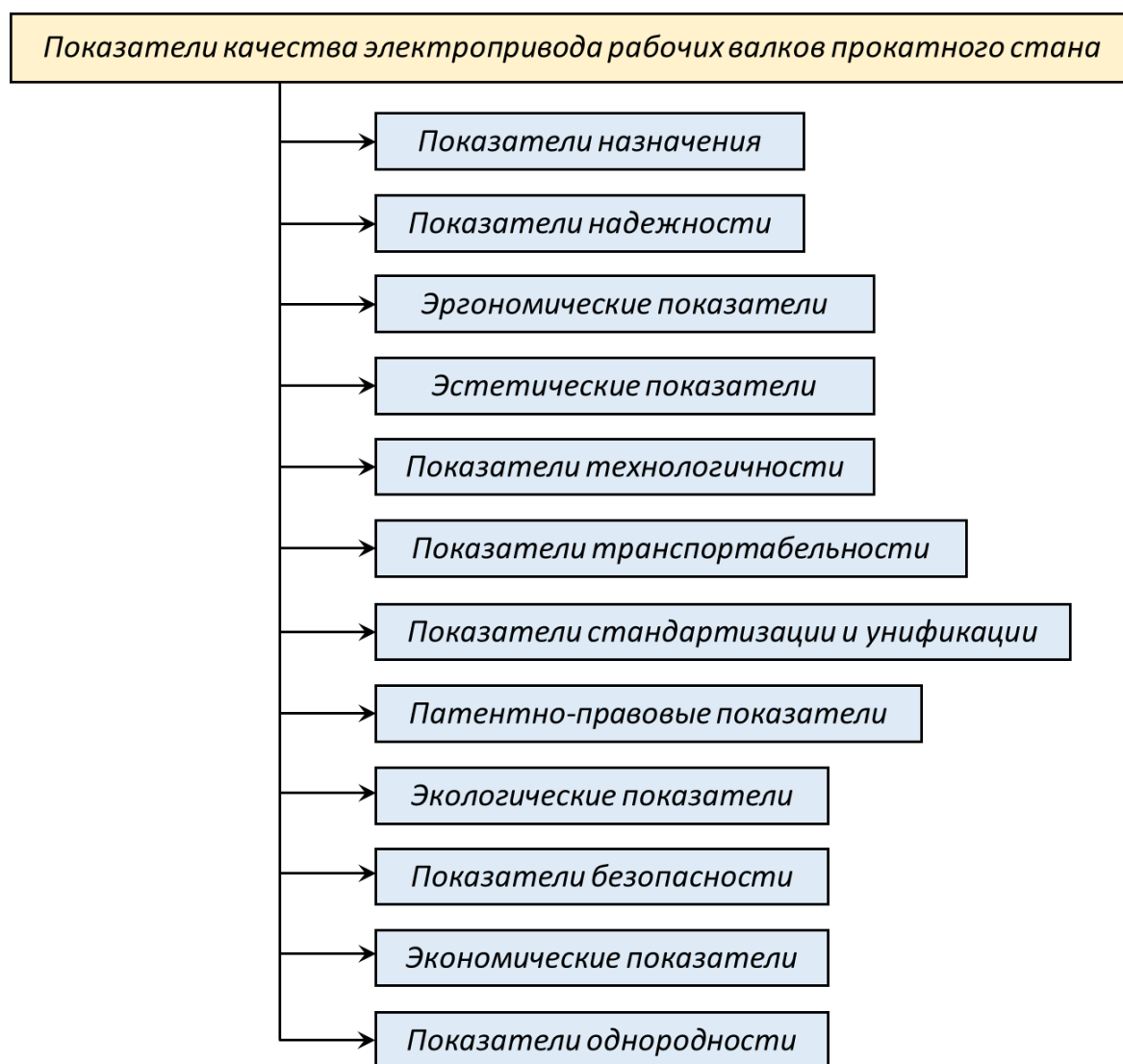


Рис. 2. Группы показателей качества электропривода

Показатели назначения электропривода рабочих валков прокатного стана характеризуют максимальный крутящий момент на рабочих валках, точность и плавность регулирования скорости вращения рабочих валков, энергетическую эффективность электропривода. К показателям надежности относятся показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости деталей и узлов электропривода. Эргономические показатели характеризуют систему «электропривод — человек» с учетом гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств оператора, проявляющихся в производственном процессе прокатки. Эстетические показатели указывают на красоту конструкции и рациональность формы электропривода, упорядоченность графических изобразительных элементов. Показатели технологичности конструкции отражают себестоимость и трудоемкость изготовления электропривода. Показатели транспортабельности характеризуют приспособленность электропривода к перемещению в пространстве. Показатели стандартизации и унификации выявляют степень использования в электроприводе стандартизированных и уникальных деталей и узлов. Патентно-правовые показатели позволяют оценить патентную чистоту, возможность законного приобретения электропривода в России и за рубежом. Экологические показатели устанавливают уровень вредных воздействий электропривода на окружающую среду. Показатели безопасности связаны с безопасностью электропривода для обслуживающего персонала. Экономические показатели оценивают финансовые

затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию электропривода. Показатели однородности характеризуют рассеяние фактических значений определенного показателя качества у разных электроприводов одной и той же конструкции.

Важным показателем качества электропривода является его надёжность — свойство сохранять во времени в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность выполнять заданную функцию.

Цель исследования — доказать целесообразность реконструкции электропривода прокатного стана путем сравнительного структурного анализа надёжности двух конфигураций его электропривода (рис. 3, 4).

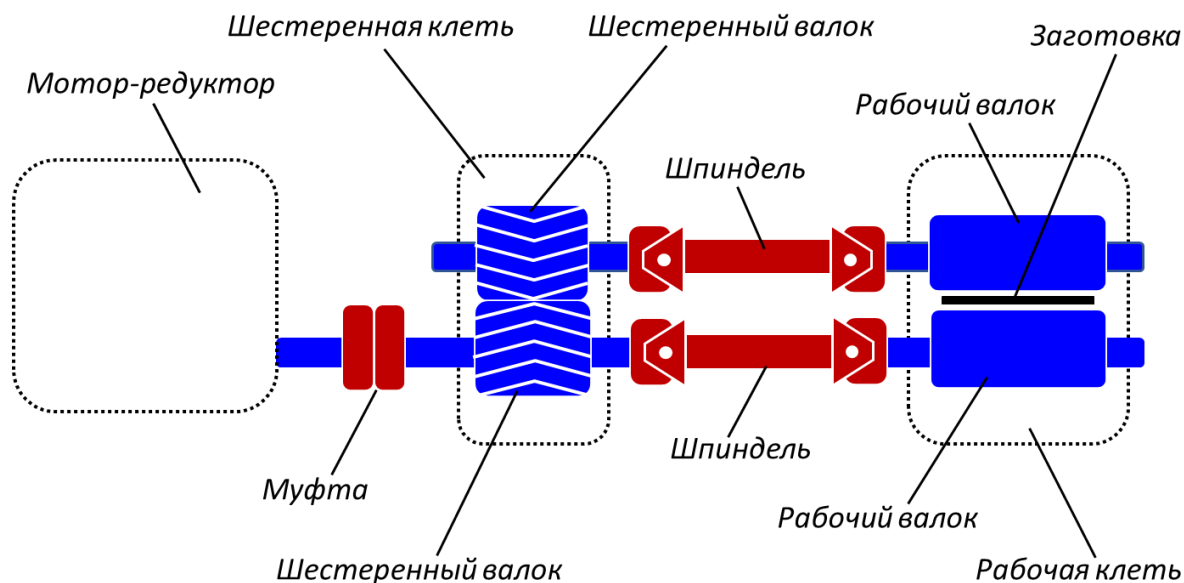


Рис. 3. Конфигурация группового электропривода

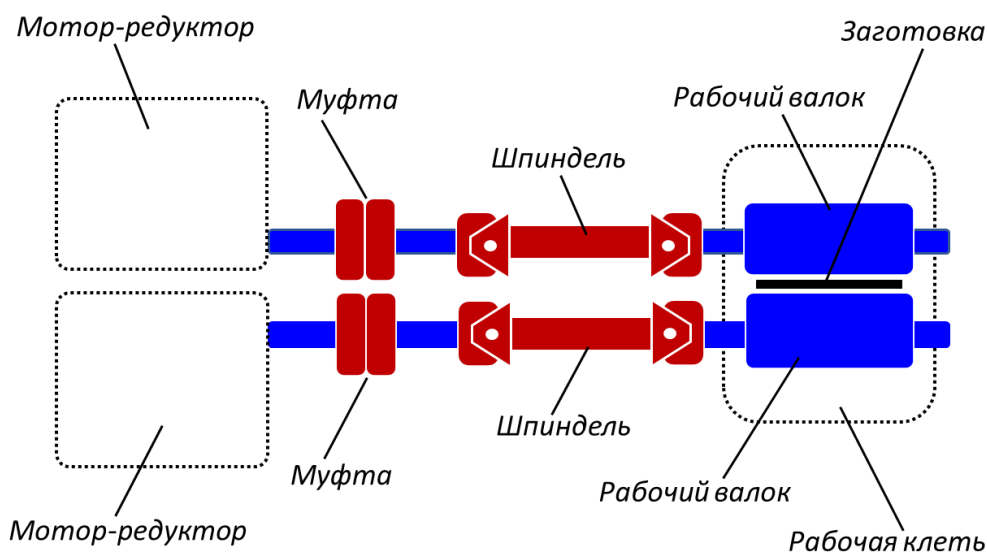


Рис. 4. Конфигурация индивидуального электропривода

Задача исследования – оценить безотказность электропривода.

Материалы и методы исследования

Безотказность электропривода рабочих валков прокатного стана зависит от безотказности каждой детали, каждого узла и рассматривается как свойство электропривода непрерывно сохранять свою работоспособность в течение некоторого времени или наработки в производственных условиях.

Вероятность безотказной работы электропривода – вероятность того, что в пределах заданной наработки электропривод не выйдет из строя.

Вероятность безотказной работы самого рабочего вала прокатного стана была вычислена на основании руководящего технического материала (РТМ) 24.090.25-76 «Краны грузоподъемные. Расчет вероятности безотказной работы элементов», который содержит описание методов расчета вероятности безотказной работы отдельных элементов и их групп [1].

Исходные данные – вероятности безотказной работы деталей и узлов (элементов) электропривода рабочих валков прокатного стана (табл. 1).

Таблица 1.

Показатели надежности деталей и узлов электропривода

Наименование элемента	Вероятность	
	безотказной работы	отказа
Мотор-редуктор	$P_1 = 0,86$	$G_1 = 0,14$
Муфта	$P_2 = 0,95$	$G_2 = 0,05$
Шестеренная клеть	$P_3 = 0,83$	$G_3 = 0,17$
Шпиндель	$P_4 = 0,91$	$G_4 = 0,09$

Метод исследования – метод структурной схемы надежности [2, 3].

Существующий ГОСТ Р 51901.14-2005 «Менеджмент риска. Метод структурной схемы надежности» регламентирует порядок разработки модели надежности в предположении, что «в любой момент времени элемент системы может находиться только в одном из двух возможных состояний: исправном или неисправном».

Полученные результаты

Анализ структуры группового электропривода (рис. 5):

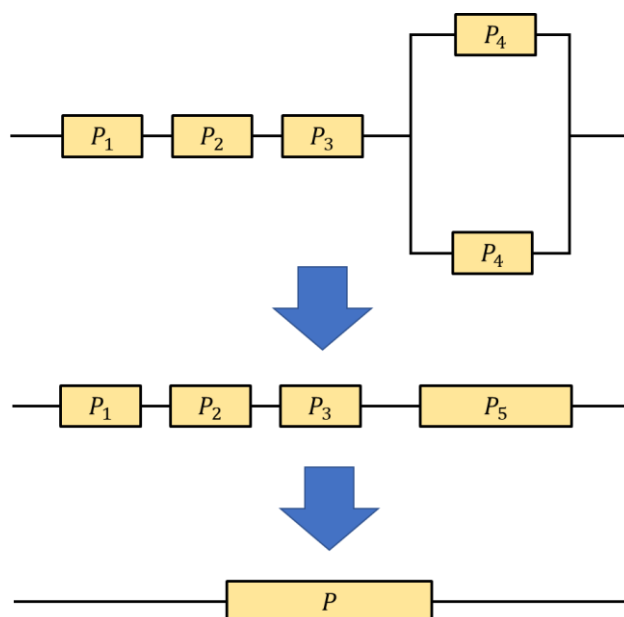


Рис. 5. Структурная схема надежности группового электропривода

$$G_5 = G_4 \cdot G_4 \approx 0,008 ;$$

$$P_5 = 1 - G_5 \approx 0,99 ;$$

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot P_5 \approx 0,67 ;$$

Анализ структуры индивидуального электропривода (рис. 6):

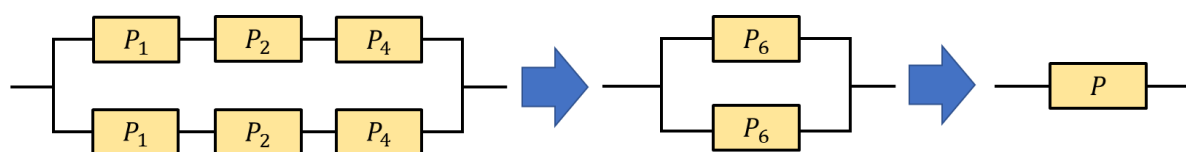


Рис. 6. Структурная схема надежности индивидуального электропривода

$$P_6 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_4 \approx 0,74 ; \quad G_6 = 0,26 ;$$

$$G = G_6 \cdot G_6 \approx 0,068 ; \quad P = 1 - G \approx 0,93 .$$

Выводы

1. При последовательном соединении в случае отказа любого элемента выходит из строя вся система, поэтому вероятность безотказной работы группового электропривода рабочих валков прокатного стана получилась низкой ($P \approx 0,67$).

2. При параллельном соединении элементов надежность всей системы возрастает с увеличением числа элементов, поэтому вероятность безотказной работы индивидуального электропривода рабочих валков прокатного стана значительно выше ($P \approx 0,93$).

3. Результаты сравнительного структурного анализа надежности двух конфигураций электропривода являются доказательством целесообразности перехода от группового варианта электропривода к индивидуальному.

Список литературы

1. Мальцев А.А. Оценка вероятности безотказной работы галтели рабочего валка по критерию циклической прочности. — [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 9. — С. 102 – 109. — Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-9-2020/a230083>
2. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — 560 с.
3. Яковлев Р.А. Расчет надежности соединений и передач прокатных станов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. — 60 с.

References

1. Maltsev A.A. Estimation of the probability of failure-free operation of the working roll galteli by the cyclic strength criterion. — [Electronic resource] Original research (ORES), 2020, No 9. — P. 102 – 109. — Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-9-2020/a230083> [in Russian].
2. Pronikov A.S. Parametric reliability of machines. — Moscow: BMSTU, 2002. — 560 p. [in Russian].
3. Yakovlev R.A. Calculation of reliability of connections and transmissions of rolling mills. — Moscow: BMSTU, 2005. — 60 p. [in Russian].