

НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ПРИВОДА НОРИИ

Лукиенко Л.В., Чернышев А.И.

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, Тула

Ключевые слова: нория, привод, изнашивание, повышение ресурса привода, модельные испытания, триботехнические составы

Аннотация. На основе проведённого анализа в статье показано, что одним из основных элементов, определяющих работу комплексов для хранения урожая зерновых культур, являются нории. Их эффективная работа зависит от работы привода, эксплуатация которого проходит в запылённой среде. При этом, пыль, попадающая в редуктор, может привести к повышению трения в контактирующих элементах и, как следствие, к преждевременному изнашиванию. Для устранения этого недостатка предложено применять триботехнические составы. Чтобы подтвердить их эффективность были проведены модельные экспериментальные исследования. Результаты испытаний позволили установить, что применение триботехнического состава НИОД позволяет значительно снизить изнашивание контактирующих под нагрузкой деталей при резком снижении коэффициента трения за счёт уменьшения шероховатости поверхностных слоёв контактирующих деталей.

THE DIRECTION OF INCREASING THE RESOURCE OF THE NORIA DRIVE

Lukienko L.V., Chernyshev A.I.

Tolstoy Tula State Pedagogical University, Tula

Keywords: noria, drive, wear, increase in drive life, model tests, tribotechnical compositions

Abstract. Based on the analysis carried out, the article shows that one of the main elements determining the operation of complexes for storing grain crops are noria. Their effective operation depends on the operation of the drive, which is operated in a dusty environment. At the same time, dust entering the gearbox can lead to increased friction in the contacting elements and, as a result, to premature wear. To eliminate this disadvantage, it is proposed to use tribotechnical formulations. To confirm their effectiveness, model experimental studies were conducted. The test results allowed us to establish that the use of the tribotechnical composition of NIOD can significantly reduce the wear of parts contacting under load with a sharp decrease in the coefficient of friction by reducing the roughness of the surface layers of the contacting parts.

Введение

В настоящее время перед агропромышленным комплексом страны поставлены задачи обеспечения населения страны продуктами собственного производства. Например, в 2022 году в Центральном федеральном округе собран урожай 47 центнеров с гектара, в 2021 году – 36 центнеров с гектара. В Тульской области в 2021 году средняя урожайность составила 36,79 центнеров с гектара. Но урожай недостаточно только собрать, его необходимо сохранить. Для хранения собранного урожая зерновых предназначены элеваторы – сложные промышленные комплексы, в состав которых входят нории – машины непрерывного транспорта, предназначенные для вертикального перемещения зерна. Безаварийная и надёжная работа транспортных машин является основой обеспечения производительной работы технологического процесса элеватора.

Решению этой важной научно-технической задачи посвящены труды Зуева Ф.Г. [1], Александрова М.П. [2], Романеева Н.А. [3], С. Байок [4], Мачихиной Л.И. [5], Сайтова В.Е. [6], Малина Н.И. [7], Буйносова А.П. [8], Гвоздева А.А. [9], Изгибаевой А.И. [10] и других исследователей.

Целью данной работы является разработка предложений по повышению ресурса привода нории и обеспечения его безаварийной работы.

Материалы и методы исследований

Производительность нории может быть определена по зависимости:

$$Q = z_k \cdot i \cdot v_l \cdot \psi \cdot \gamma, \quad (1)$$

где z_k – число ковшей на 1 м ленты; i – вместимость ковша; v_l – скорость ленты; ψ – коэффициент использования вместимости ковшей; γ – объёмная масса перемещаемого зерна.

Основным показателем, определяющим эффективность использования нории, является коэффициент использования нории, который может быть определён по зависимости

$$K_H = \frac{t}{t + x + t_{ож}}, \quad (2)$$

где t – время работы нории; x – увеличение времени истечения зерна из нории, зависит от качества поступающего зерна; $t_{ож}$ – период ожидания, зависит от системы управления элеватором.

На рисунке 1 представлена технологическая схема загрузки бункеров зерном. Зерно из тракторного прицепа при помощи подъёмника сгружается в завальную яму. Далее, через секторный затвор 1 зерно поступает в норию 2. Затем поднимается норией и выгружается в реверсивный надбункерный шнек 3. На следующем этапе зерно посредством надбункерного шнека загружается через открывающиеся электромагнитные затворы 4 и 5 поступает в бункеры 6 и 7. Анализ представленной технологической схемы позволяет сделать вывод о том, что работоспособность системы загрузки зерна определяется работоспособностью нории.

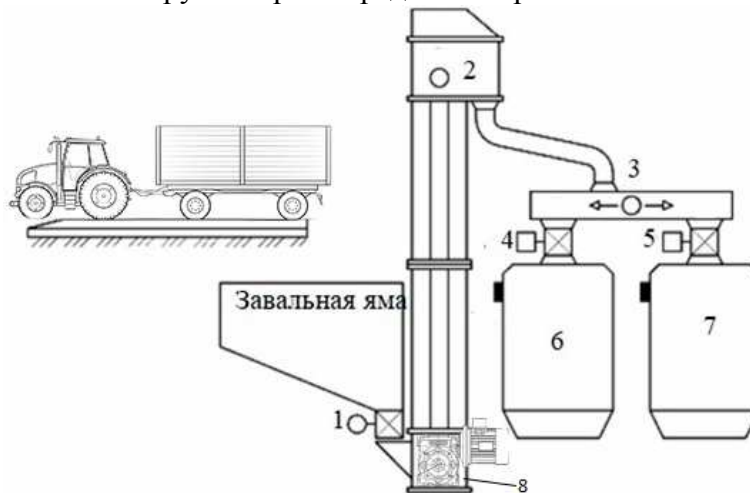


Рис. 1. Технологическая схема загрузки бункеров зерном

Необходимо отметить, что современные технологические процессы проходят при высоких скоростях, при которых меняется множество факторов, влияющих на результативность процесса. Поэтому эффективное управление производительной и безопасной работой нории без широкого применения систем автоматизированного управления практически невозможно.

Рассмотрим подробнее систему автоматизированного управления работой нории – вертикального конвейера, основным элементом которой является резиноканевая бесконечная лента, на которой болтами закреплены ковши, например, неметаллические. Нория оснащена двумя барабанами: верхний является ведущим, нижний – ведомым (оснащён натяжным устройством).

Прежде всего необходим контроль скорости ленты. Снижение скорости ленты, либо её внезапная остановка могут привести к перегреву электропривода нории. Если же при этом имеется концентрированная зерновая пыль, то возможно возгорание либо взрыв. Поэтому необходим датчик - реле контроля скорости (ДРКС) ленты (диапазон измерения скорости 0,4-4 м/с, регулируемый порог срабатывания по скорости – до 30%), представляющий собой прибор радарного типа, принцип действия которого основан на эффекте Доплера. ДРКС состоит из первичного преобразователя и реле скорости, принцип работы которого основан на измерении скорости вращения барабанов и сравнении их с заданными параметрами. При

отклонении скорости от заданной величины на пульт управления поступает сигнал о необходимости внести изменения в режим работы нории.

Если же в эксплуатируемой нории лента резиноканевая, ковши неметаллические, места для установки датчика предельно ограничены то возможно применение барьерного оптического датчика FL M30 (дальность действия до 100 м).

Датчик сбегания ленты (например, ДС-2) не допускает контакта движущихся ковшей со стеками короба нории. Замыкает цепь пускателя, когда расстояние от датчика до ленты в норме и размыкает её при сбегании ленты. Замыкает цепь пускателя, когда расстояние от прибора до ленты в норме и размыкает её при сбегании ленты.

В современных нориях применяются датчики уровня зерна (например датчик уровня зерна емкостной VSP-DD-3000. Его основные характеристики: напряжение питания 12-55 В; потребляемый ток – 40 мА), реагирующий на приближение к чувствительной поверхности предметов как из проводящих, так и непроводящих материалов. Принцип действия датчика основан на изменении емкости между обкладками конденсатора при изменении расстояния между ними.

Для исключения риска пробуксовки ленты нории при завале башмака нории зерном необходимо использовать датчик заштыбовки (например, TZE I71-43P-C-7), который монтируется в стенку бункера на высоту контролируемого уровня.

Рассмотрим систему пуска нории. В этот момент происходит резкий скачок напряжения. В это же время происходит сильный рост тока. Для снижения этого негативного явления, которое может повлиять на работоспособность всего оборудования элеватора, получило распространение применение частотно-регулируемых электроприводов.

Активное влияние на работу нории, как и любой другой машины, оказывает привод 8 (рис. 1) состоящий из электропривода и редуктора. Необходимо отметить, что при работе нории весьма вероятно появление зерновой пыли, которая может попасть в редуктор и отрицательно сказаться на его работоспособности.

Одним из возможных направлений повышения работоспособности привода нории является применение триботехнических составов (например, НИОД), в основе которых лежит сочетание мелкодисперсных компонентов включающих серпентин, тальк и другие материалы.

Исследования эффективности применения состава НИОД были выполнены с использованием трибометра СМЦ-2, работающего по схеме с замкнутым кинематическим контуром.

Привод вращения образцов 1 и 2 (рис. 2) осуществляется от электродвигателя 3 посредством клиноременной передачи 4 и шестерен 5. Клиноременная передача со сменными шкивами, позволяет проводить испытания при малых нагрузках на образец. В каретке 6, поворачивающейся вокруг оси вала 7, расположены сменные шестерни 8, работающие в масляной ванне, для привода образца 1. Передаточное отношение этих шестерен определяет степень проскальзывания образцов при испытаниях на трение качения с проскальзыванием.

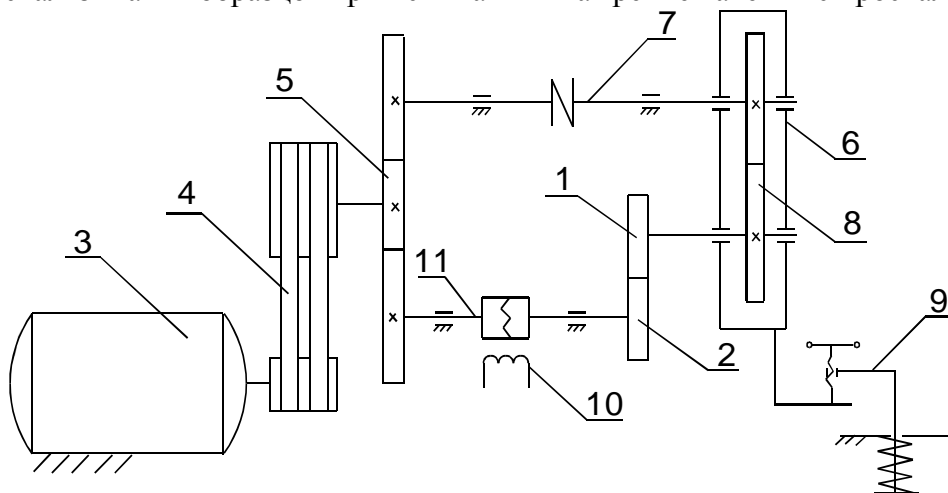


Рис. 2. Кинематическая схема машины трения СМЦ-2

Нагружение образцов заданным усилием на контакте осуществляется нагружающим устройством 9. Момент трения измеряется бесконтактным индуктивным датчиком 10 по скручиванию торсионного вала 11, на котором закреплен образец 2. Регистрацию момента трения производят самопишущим потенциометром типа КСП-2. Чтобы исключить нагрузку на образцы от неуравновешенных масс консольно закреплённой каретки на машине имеется противовес, который размещается внутри станины машины.

В модельной триботехнической системе трение качения с проскальзыванием было достигнуто за счёт разности частоты вращения образца (диск диаметром 60 мм, толщиной 10 мм, частота вращения 1000 об/мин) и контртела (диск диаметром 60 мм, толщиной 10 мм, частота вращения 800 об/мин). Образцы обкатывались при нормальной нагрузке $F = 350$ Н, затем образцы обезжиривались для удаления продуктов износа и смазочных материалов. Таким образом, исследования модельных ТТС проводились в условиях сухого трения. Модельные испытания были проведены в двух вариантах: контактирующие тела были обработаны консистентной смазкой ЛИТОЛ; контактирующие элементы были обработаны триботехническим составом НИОД совместно с консистентной смазкой ЛИТОЛ.

Результаты

Анализ результатов испытаний, представленных на рисунке 3, позволяет сделать вывод о том, что интенсивный износ образца из стали 20 с наплавкой начался через 80 минут после начала испытаний. Через 120 минут после начала испытаний массовый износ образца из цементованной стали 20Х2Н4А обработанной НИОД был больше массового износа образца из той же стали на 215%.

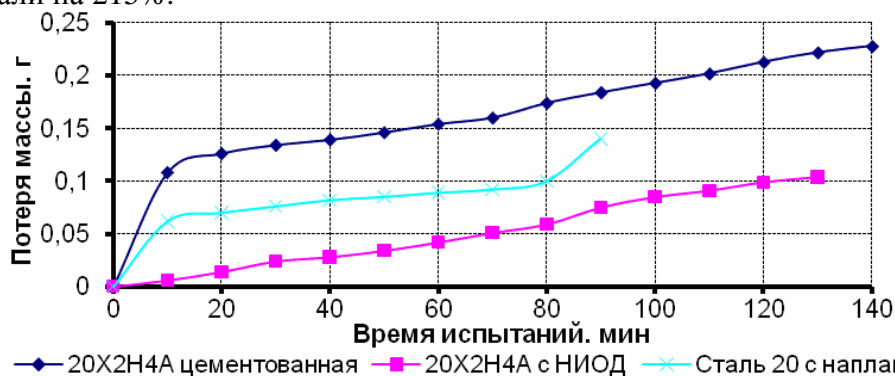


Рис. 3. Сравнение различных способов упрочнения поверхностных слоёв детали:

1 – сталь 20Х2Н4А цементованная без смазки; 2 – сталь 20 с наплавкой; 3 – сталь 20Х2Н4А с НИОД

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что после обработки испытуемых деталей в ТС ЛИТОЛ+НИОД на первом этапе эксперимента при механическом изнашивании, когда в контактной зоне присутствует слой консистентной смазки ЛИТОЛ интенсивности изнашивания материалов обработанных ТС НИОД с ЛИТОЛ и одной смазкой ЛИТОЛ соизмеримы. В процессе эксперимента при контактном взаимодействии под нагрузкой, а также при обезжиривании образцов перед взвешиванием происходит удаление масляной плёнки, после чего интенсивность изнашивания возрастает в 2...6 раз (когда для смазки использован только один ЛИТОЛ).

Необходимо отметить, что применение ТС НИОД также способствует снижению коэффициента трения. Так, по результатам эксперимента в паре трения, обработанной ТС НИОД, коэффициент трения в среднем был в 3,2 раза меньше, чем в паре трения, обработанной ЛИТОЛ.

Изучение эффективности применения триботехнического состава НИОД для сталей с различными температурами отпуска было проведено на примере стали 50ХФН-Ш (рис. 4).

Для изучения глубины модифицированного слоя на образцах в результате взаимодействия с компонентами триботехнических составов в условиях контактного нагружения была исследована микротвёрдость на микротвердомере ПМТ-3 при нагрузке на пирамиду 100 гс.

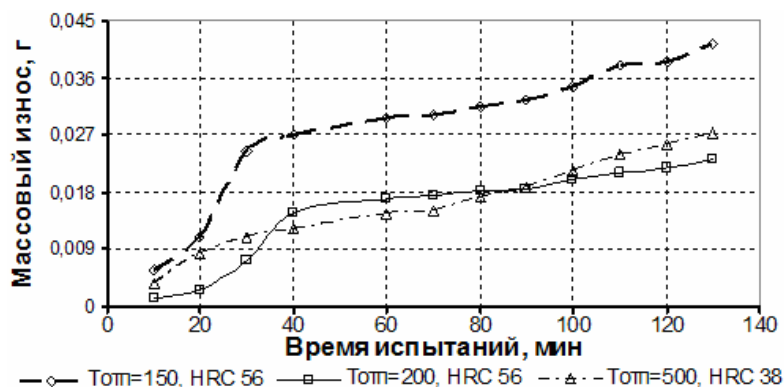


Рис. 4. Проверка эффективности ТС НИОД при разных температурах отпуска стали 50XFN-III

Проведённые исследования показали, что триботехнические составы оказывают значительное влияние на твёрдость поверхностных слоёв образцов, увеличивая её на 20-40% по сравнению с твёрдостью до обработки. Меньший процент прироста микротвёрдости для стали 30ХГСА (в среднем 28%) связан, очевидно, с большим количеством углерода в этой стали по сравнению со сталью 20Х2Н4А (средний прирост микротвёрдости после обработки составом НИОД составил 38%). В результате обработки стали 45 триботехническими составами, при снижении микротвёрдости поверхностных слоёв происходит увеличение микротвёрдости основных слоёв (средний процент прироста – 19%).

Проведённый анализ результатов измерения шероховатости поверхности контактирующих элементов позволил установить, что параметр шероховатости Ra при обработке ТС НИОД (ТС ППМ-21) снижается для стали 45 на 62% (42%), для стали 20 на 7% (9%), для стали 20Х2Н4А на 31% (10%), для стали 30ХГСА на 20% (22%).

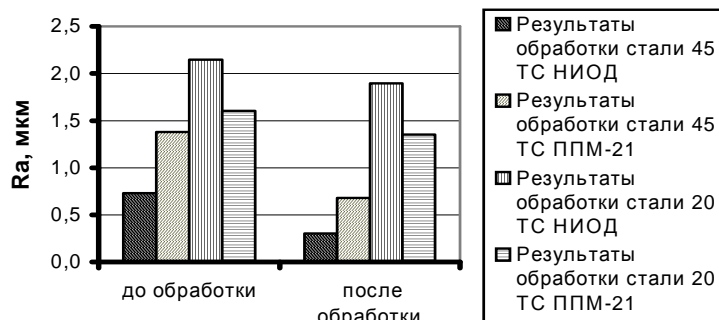


Рис. 5. Формирование эксплуатационной шероховатости поверхности трения в модельных триботехнических системах

Это обстоятельство связано, по-видимому, с пластифицированием материала в зоне пятна контакта, а также с эффектом облегчения прирабатываемости поверхности образца под влиянием компонентов триботехнических составов.

Установленное влияние триботехнических составов на микротвёрдость и топографию поверхности трения интегрально проявляется в эффекте снижения интенсивности изнашивания образцов, обработанных в модельных триботехнических системах. Интенсивность изнашивания может быть описана уравнением регрессии (коэффициент детерминации составляет $R^2=0,7462$):

$$I = 2 \cdot 10^{-5} \cdot S^3 - 0,0009 \cdot S^2 + 0,0102 \cdot S - 0,0044,$$

где S – путь трения, м.

Вывод. Предложенное в статье направление повышения ресурса привода нории базируется на результатах модельных экспериментальных исследований триботехнических составов в условиях трения качения с проскальзыванием, что характерно для зубчатых колёс редуктора.

Заключение. Таким образом, проведённые стендовые модельные испытания подтвердили эффективность применения триботехнических составов типа НИОД для повышения ресурса привода нории. В качестве направления дальнейшего исследования можно назвать проведение промышленных испытаний триботехнических составов при эксплуатации привода нории.

Список литературы

1. Зуев Ф.Г., Лотков Н.А. Подъемно-транспортные установки: учебник для вузов. – М.: КолосС, 2007. – 472 с.
2. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1972. – 504 с.
3. Романеев Н.А., Варывдин В.В., Безик Д.А. Расчёт напряжённого состояния опоры нории методом автоматизированного проектирования машин // Природообустройство. – 2016. – №5. – С. 86-91.
4. Байок С. Системы контроля работы норий и конвейеров // Комбикорма. – 2012. – №4. – С. 38-40.
5. Мачихина Л.И., Алексеева Л.В., Львова Л.С. Научные основы продовольственной безопасности зерна (хранение и переработка). – М.: ДеЛи Принт, 2007. – 382 с.
6. Сайтов В.Е., Гатауллин Р.Г. Применение средств автоматизации контроля и управления в исследованиях зерноочистительных машин [Электронный ресурс] // Современные наукоемкие технологии. – 2012. – № 7. – С. 32-32. – Режим доступа: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=30723>.
7. Малин Н.И. Технология хранения зерна. – М.: КолосС, 2005. – 280 с.
8. Буйносов А.П., Фетисова Н.Г. Наноматериал увеличивает ресурс бандажей колесных пар электроподвижного состава // Известия вузов. Машиностроение. – 2014. – №2. – С. 59-64.
9. Гвоздев А.А., Фильков М.Н., Дунаев А.В., Федотов А.В. Исследования некоторых новых триботехнических препаратов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – №7. – С. 215-222.
10. Изibaева А.И., Кондрашева Н.К., Кондрашев Д.О. Совершенствование технологии производства базовых минеральных масел // Химический журнал. – 2010. – Т. 17, № 2. – С. 82-85.

References

1. Zuev F.G., Lotkov N.A. Lifting and transport installations: textbook for universities. – M.: KolosS, 2007. – 472 p.
2. Alexandrov M.P. Lifting and transport machines: textbook for universities. – 4th ed., reprint and additional. – M.: Higher School, 1972. – 504 p.
3. Romaneev N.A., Varyvadin V.V., Bezik D.A. Calculation of the stressed state of the support of the noria by the method of computer-aided design of machines // Nature management. 2016, no. 5, pp. 86-91.
4. Bayok S. Systems for monitoring the operation of burrows and conveyors // Compound feed. 2012, no. 4, pp. 38-40.
5. Machikhina L.I., Alekseeva L.V., Lvova L.S. Scientific foundations of food safety of grain (storage and processing). – M.: DeLi Print, 2007. – 382 p.
6. Saitov V.E., Gataullin R.G. Application of automation control and management tools in research of grain cleaning machines [Electronic resource] // Modern high-tech technologies. 2012, no. 7, pp. 32-32. – Access mode: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=30723>.
7. Malin N.I. Grain storage technology. – M.: KolosS, 2005. – 280 p.
8. Buinosov A.P., Fetisova N. G. Nanomaterial increases the life of wheelset bandages of electric rolling stock // News of universities. Mechanical engineering. 2014, no. 2, pp. 59-64.
9. Gvozdev A.A., Filkov M.N., Dunaev A.V., Fedotov A.V. Studies of some new tribotechnical preparations // Mining information and analytical bulletin. 2013, no. 7, pp. 215-222.
10. Izibaeva A.I., Kondrasheva N.K., Kondrashev D.O. Improving the technology of production of basic mineral oils // Chemical Journal. 2010, vol. 17, no. 2, pp. 82-85.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Лукиенко Леонид Викторович – доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой	Lukienko Leonid Viktorovich – doctor of technical sciences, associate professor, head of the Department
Чернышев Алексей Игоревич – ассистент	Chernyshev Aleksey Igorevich – assistant
lukienko_lv@mail.ru	

Получена 30.11.2023