

В Соединенных Штатах Америки к 2030 году запланировано строительство 500 000 государственных зарядных станций. На это будет выделено финансирование в размере 7,5 млрд долл. США.

В Европейском Союзе с 2014 года действует Директива об альтернативной топливной инфраструктуре, которая предписывает 1 кВт общедоступной зарядной станции на электромобиль. Некоторые страны добились более высоких результатов в достижении данного целевого показателя. Например, в Нидерландах данный показатель равен 5 кВт, хотя доля быстрых зарядных станций в Нидерландах остается в целом низкой и составляет около 3 %. Среднемировой показатель в 2021 году составил 2,4 кВт на электромобиль [1].

В мире общее количество частных зарядных станций для электромобилей в 2021 году составило 15 млн ед., что составляет большую часть зарядной инфраструктуры. При этом частные зарядные станции удовлетворяют около 65 % спроса на электроэнергию. По прогнозу в 2030 году частные зарядные станции составят 90 % всех зарядных станций.

С ростом спроса на электроэнергию возрастает значимость гибкости энергосистемы, интеллектуальной инфраструктуры. МЭА прогнозирует, что для того, чтобы к 2050 году энергетический сектор снизил выбросы углекислого газа до нулевого уровня, гибкость электрических сетей должна увеличиться в 4 раза.

В Республике Беларусь в целях стимулирования развития электромобильного транспорта создается государственная зарядная сеть для зарядки электромобилей.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 09.04.2021 № 213 утверждена Комплексная программа развития электротранспорта на 2021—2025 годы, которая включает подпрограмму «Создание зарядной инфраструктуры для электротранспорта». В основу данной подпрограммы заложены ключевые положения Программы создания государственной зарядной сети для зарядки электромобилей (далее — Программа), утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10.10.2018 № 731. Целью данной Программы является стимулирование использования в Республике Беларусь электротранспорта путем создания развитой электроразрядной инфраструктуры, отвечающей современным мировым стандартам.

Программой предусмотрено создание к 2030 году 1304 электрических зарядных станций. Функции по созданию и развитию зарядной сети для электромобилей выполняет государственный оператор — ПО «Белоруснефть».

Сегодня на каждую электроразрядную станцию в Республике Беларусь приходится около 1,5 электромобиля. Имеющаяся сеть электроразрядных станций в Республике Беларусь может обслуживать до 9 000 электромобилей [3].

Следует отметить, что в Республике Беларусь создается зарядная инфраструктура для электробусов на маршрутах движения пассажирского транспорта. В рамках актуализации Программы предполагается определить места размещения комбинированных супербыстрых электроразрядных станций, предусматривающих зарядку различных моделей пассажирского электротранспорта.

**Заключение.** Одной из стратегий распространения электротранспорта является развертывание общедоступной зарядной инфраструктуры. Ведущие страны в области электромобилей используют различные стимулы, чтобы придать импульс развертыванию зарядной инфраструктуры. В том числе в Республике Беларусь реализуется Программа, которая позволит создать развитую сеть электроразрядных станций, обеспечивающую комфортное и беспрепятственное передвижение электромобилей по территории страны.

#### Список цитируемых источников

1. Global EV Outlook 2022 Securing supplies for an electric future [Electronic resource] // The International Energy Agency. — Mode of access: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf>. — Date of access: 27.04.2023.
2. Форум по развитию электромобильности «E-Mobility 2020» [Электронный ресурс] // Министерство энергетики Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/forume-po-razvitiyu-jelektromobilnosti-e-mobility-2020>. — Дата доступа: 27.04.2023.
3. «Белоруснефть» планирует открыть 180 электроразрядных станций в этом году [Электронный ресурс] // БЕЛТА. — Режим доступа: <https://www.belta.by/economics/view/belorusneft-planiruet-otkryt-180-elektrozarjadnyh-stantsij-v-etom-godu-383042-2020>. — Дата доступа: 27.04.2023.

УДК 621.81

**Е. А. Дерман, В. И. Редько**

*Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи,  
Республика Беларусь*

## РАСЧЁТ КОСОЗУБОГО ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ В НАСОСНОЙ УСТАНОВКЕ

**Введение.** Движение от одного звена механизма к другому передаётся с помощью различных деталей, совокупность которых называется передачей. Одним из основных видов передач является зубчатая передача. Зубчатая передача между параллельными валами осуществляется цилиндрическими зубчатыми колёсами

с внешним или внутренним зацеплением зубьев. В зацеплении двух зубчатых колёс одно из колёс называется шестерней; шестерня — это зубчатое колесо передачи с меньшим числом зубьев [1].

**Основная часть.** Цилиндрические колеса, у которых зубья расположены по винтовым линиям на делительном диаметре, называют косозубыми. При работе такой передачи зубья входят в зацепление не сразу по всей длине, как в прямозубой, а постепенно; передаваемая нагрузка распределяется на несколько зубьев. В результате по сравнению с прямозубой повышается нагрузочная способность, увеличивается плавность работы передачи и уменьшается шум. Поэтому косозубые передачи имеют преимущественное распространение (рис.1). С увеличением угла наклона  $\beta$  линии зуба плавность зацепления и нагрузочная способность передачи увеличиваются, но при этом увеличивается и осевая сила  $F_a$ , что нежелательно [1].

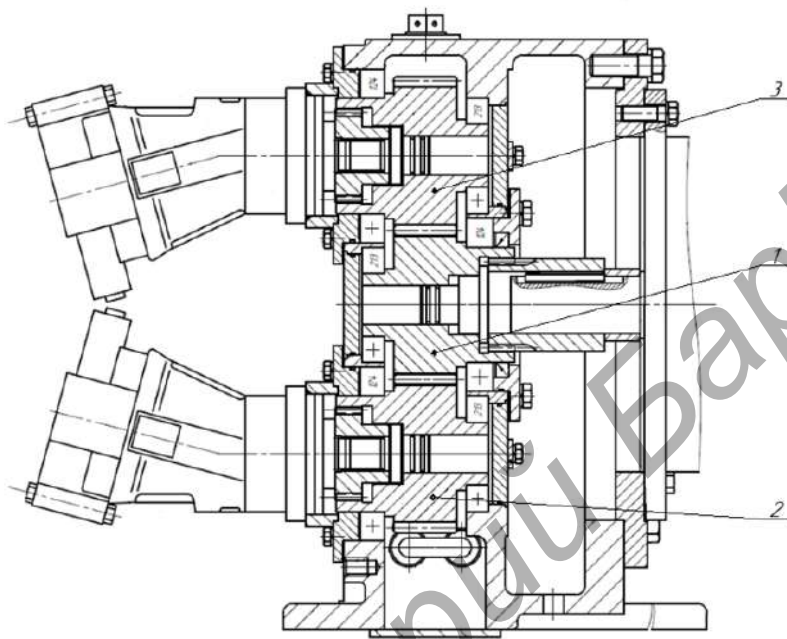


Рисунок 1 — Станция насосная:  
1 — шестерня с правой линией зуба; 2, 3 — шестерня с левой линией зуба

Исходные данные шестерни: модуль  $m = 5$  мм; число зубьев  $z = 30$ ; угол наклона  $\beta = 13^\circ$ . Исходные данные зубчатого колеса будут такие же, как и у шестерни: модуль  $m = 5$  мм; число зубьев  $z = 30$ ; угол наклона  $\beta = 13^\circ$ .

Основные геометрические размеры зависят от модуля и числа зубьев. При расчёте косозубых колёс учитывают два шага:

– нормальный шаг зубьев  $p_n$  — в нормальном сечении;

– окружной шаг  $p_t$  — в торцовом сечении; при этом  $p_t = \frac{p_n}{\cos \beta}$ .

Соответственно шагам имеем два модуля зубьев: [2]

$$m_t = \frac{p_t}{\pi}; \quad (1)$$

$$m_n = \frac{p_n}{\pi}; \quad (2)$$

при этом

$$\beta, m_t = \frac{m_n}{\cos \beta} \quad (3)$$

где  $m_t$  и  $m_n$  — окружной и нормальный модули зубьев.

За расчётный принимают модуль  $m_n$ , значение которого должно соответствовать стандартному. Это объясняется следующим: для нарезания косых зубьев используется тот же инструмент, что и для прямозубых, но с соответствующим поворотом инструмента относительно заготовки на угол  $\beta$ .

Поэтому профиль косоугольного зуба в нормальном сечении совпадает с профилем прямого зуба; следовательно,  $m_n = m$ .

Передаточное отношение передачи: [2]

$$u = \frac{z_1}{z_2} = \frac{30}{30} = 1, \quad (4)$$

где  $z_1, z_2$  — число зубьев шестерни и колеса соответственно.

Делительные диаметры для косозубой передачи: [2]

$$d_1 = m_n \cdot \frac{z_1}{\cos \beta} = \frac{5 \cdot 30}{\cos 13^\circ} = 153,946 \text{ мм}; \quad (5)$$

$$d_2 = \frac{m_n \cdot z_2}{\cos \beta} = \frac{5 \cdot 30}{\cos 13^\circ} = 153,946 \text{ мм}, \quad (6)$$

где  $m$  — модуль зацепления основная характеристика размеров зубчатых и червячных колес.

Диаметры вершин зубьев: [2]

$$d_{a1} = d_1 + 2m_n = 153,946 + 2 \cdot 5 = 163,946 \text{ мм}, \quad (7)$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m_n = 153,946 + 2 \cdot 5 = 163,946 \text{ мм}, \quad (8)$$

Диаметры впадин зубьев: [2]

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m_n = 153,946 - 2,5 \cdot 5 = 141,446 \text{ мм}, \quad (9)$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m_n = 153,946 - 2,5 \cdot 5 = 141,446 \text{ мм}, \quad (10)$$

Межосевое расстояние: [2]

$$a = 0,5 \cdot (d_2 + d_1) = 0,5 \cdot (153,946 + 153,946) = 153,946 \text{ мм}, \quad (11)$$

где  $d_1$  и  $d_2$  — делительные диаметры шестерни и колеса соответственно.

С помощью программы Компас 3D получено наглядное изображение зубчатого зацепления (рис. 2). С помощью визуализации можно посмотреть, как ведут себя зубья; нет ли врезания (подрезания) и интерференцию.

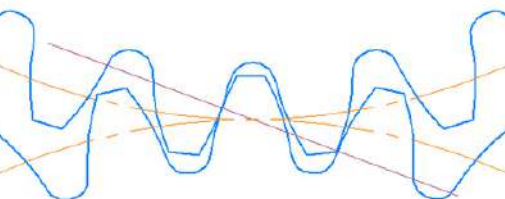


Рисунок 2 — Визуализация зацепления в Компас 3D

**Заключение.** Расчёт зубчатого зацепления производится по базовым формулам. У косозубых колес оси зубьев располагаются не по образующей делительного цилиндра, а по винтовой линии, составляющей с образующей угол  $\beta$ .

Использование косозубой передачи по сравнению с прямозубой даёт ряд преимуществ:

- уменьшение шума при работе;
- меньшие габаритные размеры;
- высокая плавность зацепления;

- большая нагрузочная способность;
  - значительно меньшие дополнительные динамические нагрузки.
- Это объясняется большой суммарной длиной контактных линий находящихся в зацеплении колес.

#### Список цитируемых источников

1. Буланов, Э. А. Детали машин. Расчет механических передач : учеб. пособие / Э. А. Буланов. — М. : Юрайт, 2016. — 202 с.
2. Ануриев, В. И. Справочник конструктора машиностроителя / В. И. Ануриев : в 3 т. Т. 2. — М. : Машиностроение, 1982. — 736 с.

УДК 691.328

**В. Г. Зарапин**

*Учреждение образования «Белорусский государственный технологический университет», Минск,  
Республика Беларусь*

## СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ АНКЕРОВКИ СТАЛЬНЫХ ФИБР ДЛЯ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ

**Введение.** Современное развитие строительной отрасли диктует необходимость использования различных композитных и фибробетонных материалов. Применение арматуры из стального волокна в конструкциях и их элементах позволяет повысить прочность, сопротивление деформации и деформируемость этих конструкций при нагрузках. Эффективность использования таких материалов при проектировании и, особенно, при возведении несущих строительных конструкций доказана многочисленными теоретическими и экспериментальными исследованиями [1].

В качестве дисперсного армирования применяют различные волокна (фибры), которые равномерно рассредоточиваются в объеме бетонной матрицы. Наибольший интерес представляют композиты на основе доступных для производства минеральных матриц, дисперсно-упрочненных особыми волокнами (металлическими, стеклянными, базальтовыми, полиамидными, углеродными и т.д.) [2].

Наиболее распространенным конструктивным решением для фибр являются стальные фибры типа «Драмикс» с анкерными отгибами на концах, которые применяют для армирования строительных материалов во многих странах. Однако такие фибры не всегда удовлетворяют требованиям по их анкеровке, несмотря на имеющиеся анкерные отгибы [3].

Одной из основных является проблема анкеровки фибр, что подтверждается большим количеством патентных разработок, направленных на ее улучшение: фибры в виде плоского основания со сквозной перфорацией и анкерами из кристаллитов металла [4], в виде отрезка проволоки с равномерно деформированными участками, имеющими выступы и впадины в форме волны в трехмерном измерении [5], в виде проволочного тора эллипсоидного или сферического профиля с выпусками-анкерами в виде усов [6], в виде равнобедренного треугольника [7] и др. Такие фибры имеют ряд недостатков — трудность изготовления вследствие их сложной конфигурации, а из-за развитости формы, такие фибры склонны к комкованию с образованием «ежей», что препятствует их равномерному распределению в смеси, и формированию областей с повышенным и пониженным содержанием фибры.

**Основная часть.** Задачей данного исследования является улучшение анкеровки стальных фибр в цементных строительных материалах путем формирования на поверхности фибр микрорельефной структуры, позволяющей получить анкеровку фибр по всей поверхности.

Исследования проводили с использованием фибр стальных анкерных ФСН-А-1,00/50 из проволоки диаметром 1 мм в виде прямого отрезка длиной 50 мм с двумя анкерными отгибами на концах, а также с использованием прямой фибры из стальной проволоки диаметром 1 мм.

Разработан состав травильного раствора на основе неорганических кислот, позволяющий в течение 10—15 минут получать на поверхности фибр микрорельефную структуру (рисунок 1(а)). Вид такой фибры, извлеченной из цементно-песчаного раствора выдергиванием, приведен на рисунке 1(б), из которого видно, что микроуглубления на поверхности заполнены цементным камнем, следовательно, отделение фибр происходит по разрыву частиц цементного камня, что свидетельствует об анкеровке фибр вдоль всей поверхности за счет механического сцепления при проникновении цементного камня в поверхностные углубления.

Для оценки влияния микрорельефной структуры поверхности фибр на анкеровку и механические свойства цементно-песчаных растворов, готовили образцы на основе раствора, состоящего из песка и цемента (ПЦ-500) в соотношении 3:1 и воды при водоцементном соотношении 0,5. Фибру в раствор вводили исходя из расчета 80 кг фибры на 1 м<sup>3</sup> раствора.

Образцы для испытаний на статическое выдергивание готовили в форме призм 40 × 40 × 30 мм, в которые анкеровали концы фибр на глубину 20 мм; для испытаний на статические сжатие — в форме кубов с ребром 100 мм; для испытаний на растяжение при изгибе — в форме балочек 40 × 40 × 160 мм.