

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОВОРОТНОГО РЕДУКТОРА ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА МОДЕЛИ SL

Введение. В горнодобывающей промышленности важную роль играет выемка широких пластов полезных ископаемых. Наиболее распространённые способы изъятия пластов — применение проходческих и очистных комбайнов. Проходческие комбайны предназначены для разрушения горных пород и погружения горной массы в транспортные средства для дальнейшего перемещения.

Очистные комбайны получили высокое распространение благодаря своей универсальности и числу одновременно выполняемых работ. Помимо разрушения и погрузки на конвейер породы они могут дробить породу до определённой фракции.

Очистные комбайны способны к выемке пластов средней и большой мощности по челноковой или односторонней схемам работы [1].

В настоящее время ОАО «ЛМЗ Универсал» занимается разработкой двух очистных комбайнов типа SL, а именно SL480 и SL550. Разработка данных комбайнов ведётся на условиях взаимопомощи с компанией «Беларуськалий», занимающейся добычей калийных солей и производством калийных удобрений. Рабочий орган данного типа комбайнов получает крутящий момент через ряд цилиндрических зубчатых передач наружного зацепления и планетарный редуктор, состоящий из двух ступеней.

Как показывает практика, такой способ передачи крутящего момента является эффективным, так как одновременно позволяет получить необходимую частоту вращения режущей фрезы и удалить её от двигателя резания. Однако при таком способе передачи крутящего момента может возникнуть проблема, связанная с быстрым износом второй ступени планетарного редуктора. Это связано с тем, что данная ступень воспринимает наибольшие нагрузки, причем активнее всего изнашивается солнечная шестерня. В связи с вышеизложенным, проблема повышения износостойкости планетарного редуктора является актуальной.

Основная часть. При разработке конструкции следует учитывать, что редуктор рабочего органа имеет установленное передаточное число и его изменение скажется на работе комбайна, следовательно, этого нужно избегать. В изначальном варианте второй ступени используется три сателлита, для повышения стойкости второй планетарной передачи без изменения передаточного числа можно изменить конструкцию так, чтобы устанавливалось четыре сателлита. Установка дополнительного сателлита позволит разгрузить отдельные зубья, вступающие в зацепление, что увеличит срок службы передачи, а также позволит уменьшить требования к планетарной передаче. Связано это с тем, что нагрузка, ранее распределённая на три зубчатых зацепления перераспределится на четыре. Добавление дополнительного сателлита не изменит числа зубьев, модуль и геометрические параметры передачи, что также делает данный способ предпочтительным при необходимости сохранения данных параметров.

Следует помнить, что в планетарной передаче может быть одновременно установлено ограниченное число сателлитов. Для установления возможности установка четырех сателлитов проверим соединение на условии соседства [2]:

$$a > 2 \cdot r_a, \quad (1)$$

где a — расстояние между двумя сателлитами;

r_a — радиус выступов сателлита.

$$2 \cdot r_a = m \cdot z_2 + 2fm, \quad (2)$$

где m — модуль зацепления;

z_2 — число зубьев сателлита;

f — коэффициент высоты головки зуба (принимается $f = 1$).

Межосевое расстояние между сателлитами находится по формуле:

$$a_{22} = (z_1 + z_2) \cdot m \cdot \sin\left(\frac{\pi}{k}\right), \quad (3)$$

где z_1 — число зубьев солнечной шестерни;

k — число сателлитов.

Подставив формулы 2 и 3 в формулу 1 получим условие соседства:

$$(z_1 + z_2) \cdot m \cdot \sin\left(\frac{\pi}{k}\right) > m \cdot z_2 + 2m, \quad (4)$$

По исходным данным передачи известно, что $z_1 = 23$; $z_2 = 24$; $m = 7$.

Межосевое расстояние между двумя спутниками до (число спутников $k = 3$) и после (число спутников $k = 4$) модернизации соответственно:

$$a_{22(3)} = (23 + 24) \cdot 7 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) = 284; a_{22(4)} = (23 + 24) \cdot 7 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = 232,6.$$

Таким образом, при увеличении числа спутников уменьшается расстояние между ними, однако это не повлияет на работоспособность редуктора.

Радиус выступа спутников не изменится при добавлении дополнительного звена и будет одинаков до и после модернизации:

$$2 \cdot r_a = m \cdot z_2 + 2m = 7 \cdot 24 + 2 \cdot 7 = 182.$$

Таким образом, для передачи с четырьмя спутниками условие соседства будет выглядеть так:

$$232,6 > 182.$$

Так как условие соседства выполняется, следовательно, установка четырех спутников возможна. Модифицированный вариант детали «Водило» представлен на рисунке 1.

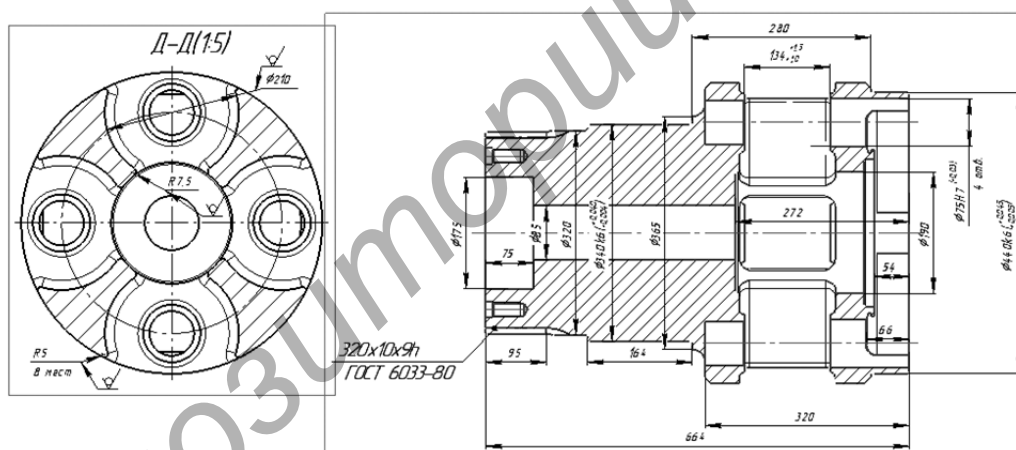


Рисунок 1 — Деталь «Водило» после модификации

Заключение. Таким образом, при установке дополнительного спутника рабочие контактные напряжения составляют $1,045 \cdot 10^3$ МПа (при использовании четырёх спутников), при использовании трёх спутников — $1,26 \cdot 10^3$ МПа; при этом допустимые напряжения составляют $1,0643 \cdot 10^3$ МПа. Таким образом, модифицированная передача способна выработать ресурс в 8000 часов. Проверку на изгибные напряжения проходят как модифицированная передача, так и изначальная, однако напряжения на изгиб во втором случае уменьшаются примерно в 1,5 раза.

Предложенная модернизация может быть применена для любых планетарных механизмов, являющихся заключительным звеном редуктора, и найдёт широкое применение в горнодобывающей промышленности на таких предприятиях как ОАО «БеларусьКалий», ПАО «УралКалий» и на новых вновь строящихся предприятиях.

Список цитируемых источников

1. Березовский, Н. И. Горнотранспортные машины и подъёмные механизмы : учеб.-метод. пособие для студентов для вузов / Н. И. Березовский, Д. А. Нагорский, Д. А. Ширяев. — Минск : БНТУ, 2011. — 42 с.
2. Кудрявцев, В. Н. Планетарные передачи / Н. В. Кудрявцев, Е. Г. Кирдяшева. — Изд-во «Машиностроение» : Ленинград, 1977. — 536 с.