

УДК 629.3.018

МРНТИ 55.43.81: 55.51.03

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТЕНДА ДЛЯ ОБКАТКИ И ИСПЫТАНИЯ  
КОРОБКИ ПЕРЕМЕНЫ ПЕРЕДАЧ ПОДЪЕМНИКА ТРАКТОРНОГО ПТП – 40  
В УСЛОВИЯХ АО «ПЗТМ»**

**Демьяненко А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>СКГУ им. М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан

**Кадыр Н.Т.<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>ТОО «AVAGRO», Петропавловск, Казахстан

**Аннотация**

В данной статье рассматривается проектирование стенда для обкатки и испытания коробки перемены передач подъемника тракторного ПТП – 40 в условиях АО «ПЗТМ». С целью повышения надежности предложено использовать безредукторный электропривод. В качестве электропривода предложено использовать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и частотным преобразователем. Для повышения энергоэффективности стенда предложено безредукторное электрическое нагружающее устройство с рекуперацией. В качестве электрического нагружающего устройства с рекуперацией предложено использовать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и блоком рекуперативного торможения. Особенностью предложенного технического решения является использование одинаковых электродвигателей и карданных валов как для привода, так и для нагружающего устройства. Разработан эскизный проект стенда и произведен подбор всего необходимого покупного оборудования. Для устранения влияния внешнего шума на шумовые характеристики коробки перемены передач (которые контролируются при проведении обкатки и испытаний) предложено использовать защитный звукоизолирующий экран.

**Ключевые слова:** эскизный проект стенда для обкатки и испытания коробки перемены передач, электропривод с частотным преобразователем, электрическое нагружающее устройство с рекуперацией.

**«ПЗТМ» АҚ ЖАҒДАЙЫНДА ПТП – 40 ТРАКТОРЛЫҚ КӨТЕРГІШІНІҢ  
БЕРІЛІС АУЫСТЫРУ ҚОРАБЫН СЫНАҚТАУҒА ЖӘНЕ СЫНАУҒА  
АРНАЛҒАН СТЕНДТІ ЖОБАЛАУ**

**А.В. Демьяненко<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>М. Қозыбаев атындағы СҚМУ, Петропавл, Қазақстан

**Н.Т. Қадыр<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>«AVAGRO» ЖШС, Петропавл, Қазақстан

**Аңдатпа**

Бұл мақалада «ПЗТМ» АҚ жағдайында ПТП – 40 тракторлық көтергішінің беріліс ауыстыру қорабын сынақтауға және сынауға арналған стенд жобалау қарастырылады. Сенімділік арттыру мақсатында редукторсыз электржетекті пайдалану ұсынылды. Электржетек ретінде қысқа тұйықталған роторы және жиіліктік түрлендіргіші бар бейсинхронды қозғалтқышты пайдалану ұсынылды. Стендтің энергия тиімділігін арттыру үшін рекуперациясы бар редукторсыз электр жүктеу құрылғы ұсынылды. Рекуперациясы бар электр жүктеу құрылғысы ретінде қысқа тұйықталған роторы және рекуперативті тежелу блогы бар асинхронды қозғалтқышты пайдалану ұсынылды. Ұсынылған техникалық шешімнің ерекшелігі бірдей электр қозғалтқыштары мен кардан біліктерін жетек үшін де, жүктеу құрылғысы үшін де пайдалану болып табылады. Стендтің эскиздік жобасы әзірленді және барлық қажетті сатып алу жабдығын таңдау жүргізілді. Сыртқы шудың беріліс ауыстыру қорабының шу сипаттамаларына әсерін жою үшін (сынақтауды және сынауды жүргізу кезінде бақыланатын) қорғаныс дыбыс оқшаулағыш экранын пайдалану ұсынылады.

**Түйінді сөздер:** беріліс ауыстыру қорабын сынақтауға және сынауға арналған стендтің эскиздік жобасы, жиіліктік түрлендіргіші бар электржетекті, рекуперациясы бар электр жүктеу құрылғысы.

**DESIGNING OF THE STAND FOR RUNNING – IN AND TESTING  
OF THE GEARBOX OF PTP – 40 TRACTOR LIFT IN THE CONDITIONS  
OF JSC «PZTM»**

**A. Demyanenko<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*M. Kozybayev NKSU, Petropavlovsk, Kazakhstan*

**N. Qadyr<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>*LLP «AVAGRO», Petropavlovsk, Kazakhstan*

**Annotation**

This article discusses designing of the stand for running – in and testing of the gearbox of the PTP – 40 tractor lift in the conditions of JSC «PZTM». To increase the reliability of the stand it is proposed to use gearless electric drive. As an electric drive, it is proposed to use an asynchronous motor with a short – circuited rotor and with a frequency converter. To improve the energy efficiency of the stand, a direct – drive electric loading device with recuperation is proposed. As an electric loading device with recuperation, it is proposed to use an asynchronous motor with a short – circuited rotor and with a regenerative braking unit. The peculiarity of the proposed technical solution is the use of the similar electric motors and similar cardan shafts both for the drive and for the loading device. The conceptual design of the stand was developed and the selection of all necessary purchased equipment was made. To eliminate the influence of external noise on the noise characteristics of the gearbox (which are controlled during running – in and testing) proposed to use a protective soundproof screen.

**Key words:** conceptual design of the stand for running – in and testing of the gearbox, electric drive with frequency converter, electric loading device with recuperation.

**Введение**

На сегодняшний день на АО «ПЗТМ» КПП для ПТП – 40 обкатывается в холостую (без нагружения), при этом контролируется только температура подшипниковых узлов. Достоверно определить уровень шума не удастся, так как шум от приводных механизмов превышает допустимые нормы. На АО «ПЗТМ» имеется стенд для обкатки с электроприводом и гидравлическим нагружающим устройством. Для КПП от ПТП – 40 этот стенд применить нельзя, так как он рассчитан на КПП у которых входной и выходной валы расположены с противоположных сторон корпуса. В этой связи и появилась необходимость в разработке данного проекта.

Так как на сегодняшний день КПП от ПТП – 40 невозможно обкатать под регулируемой нагрузкой, то в некоторых случаях это приводит к тому, что в ходе испытаний в промышленных условиях выявляется несоответствие КПП техническим требованиям заказчика, что приводит к возврату КПП на предприятие и штрафным санкциям.

По результатам проведенных исследований было подобрано необходимое оборудование и спроектирован эскизный проект стенда для обкатки, который позволит значительно повысить качество выходного контроля КПП и тем самым снизить среднегодовые потери на штрафные санкции.

**Цель и задачи исследований**

Целью исследований являлась разработка эскизного проекта стенда для обкатки и испытания коробки передач подъемника тракторного ПТП – 40 и экономически обоснованный выбор оборудования, необходимого для испытания коробки передач под нагрузкой при различных режимах нагружения.

При обкатке коробки перемены передач (КПП) подъемника тракторного ПТП – 40 необходимо обеспечить число оборотов входного вала КПП в диапазоне от 0 до 1250 об/мин при мощности 150 – 165 кВт и решить еще ряд задач, перечисленных ниже.

При обкатке необходимо исследовать работу КПП на всех скоростях прямого и обратного хода. Режимы обкатки должны включать обкатку на холостых оборотах и обкатку под нагрузкой. При этом проектируемый стенд должен обеспечивать возможность нагружения выходного вала КПП крутящими моментами от 0 до 376 кгсм. Предпочтения необходимо отдавать нагружающим устройствам с рекуперацией энергии торможения. При обкатке необходимо обеспечить контроль таких параметров, как: температура подшипниковых узлов, шум работающей коробки передач, вибрация работающей коробки передач, число оборотов входного и выходного валов, крутящие моменты на входном и выходном валах.

Внешний вид и кинематическая схема КПП подъемника тракторного ПТП – 40 представлены на Рисунках 1 – 4.

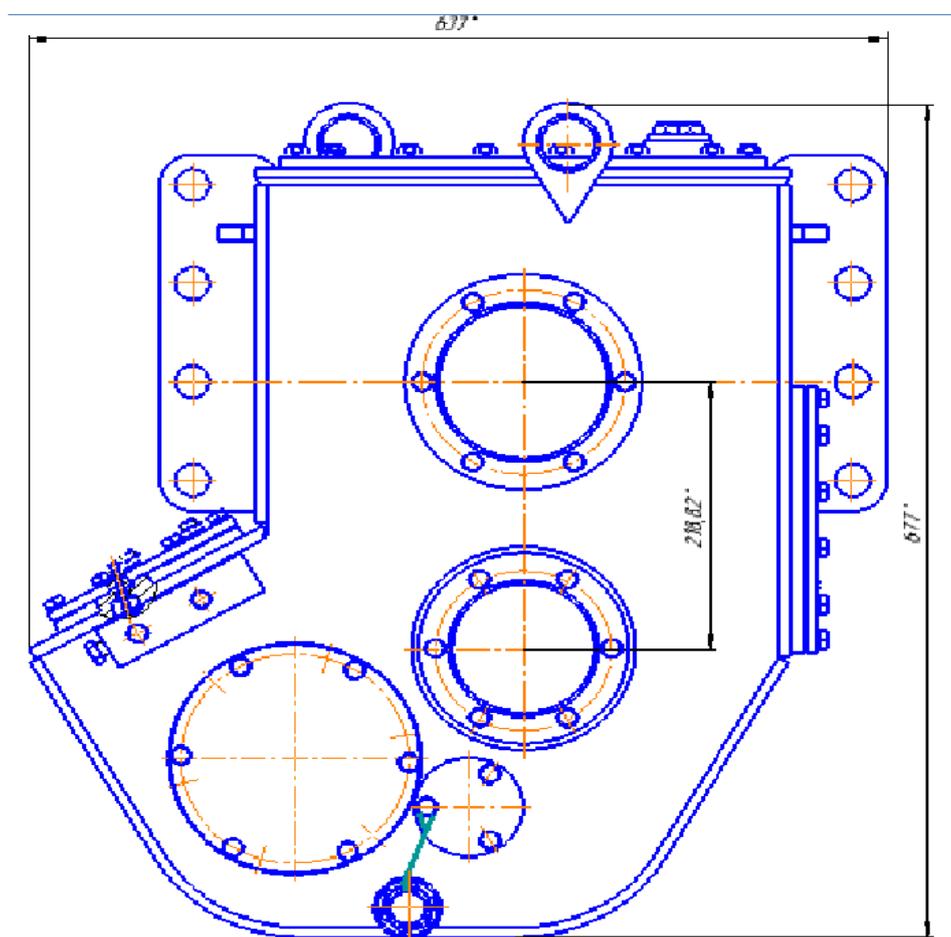


Рисунок 1 Коробка переменных передач. Главный вид

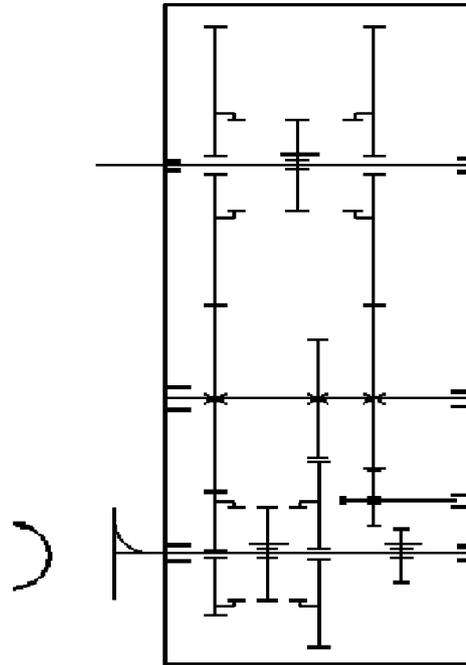


Рисунок 2 Кинематическая схема

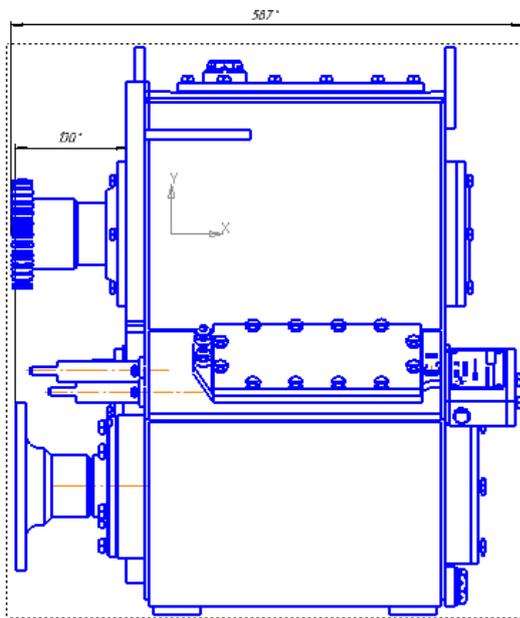


Рисунок 3 Вид сбоку

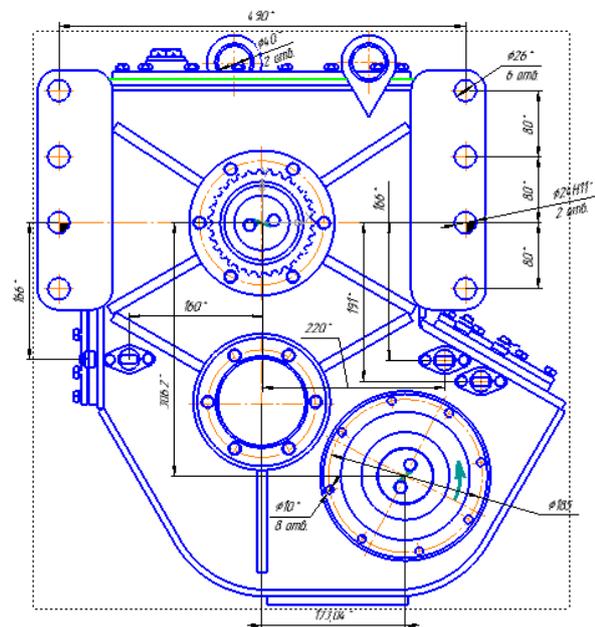


Рисунок 4 Вид сзади

*Технические характеристики КПП:*

Передаваемая мощность, не более кВт 165

		Момент на выходном валу, кгсм	Обороты на выходном валу, об/мин
Передаточные числа:			
I скорость	3,758	376	333
II скорость	2,21	221	566
III скорость	1,35	135	926
IV скорость	0,794	79	1574
Обратный ход:			
I скорость	2,21		
II скорость	0,794		
Параметры полумуфты:			
число зубьев, z	31		
модуль, m	4		
Мощность ДВС, кВт	130		
Максимальный крутящий момент, кгсм	100		

*Эскизный проект стенда по обкатке коробки перемены передач*

Общий вид стенда по обкатке коробки перемены передач представлен на Рисунке 5. Стенд включает в себя как покупные изделия, так и изделия, изготовленные в производственных условиях АО «ПЗТМ». Полный перечень покупных и изготавливаемых изделий представлен в Таблице 1. Все цены указаны по состоянию на 1 июня 2018 года.

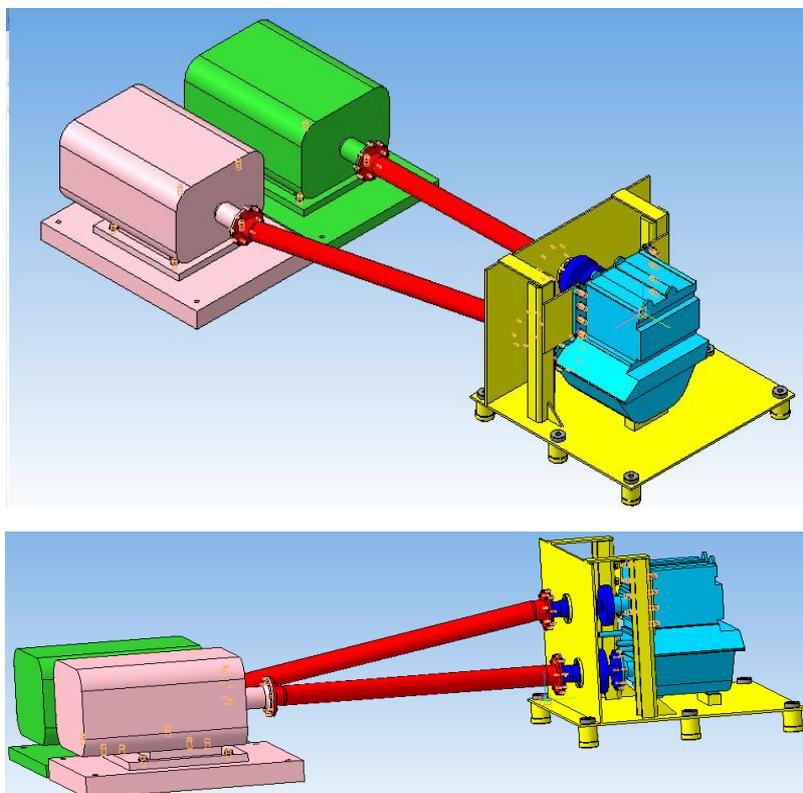


Рисунок 5 Общий вид стенда по обкатке коробки перемены передач для ПТП–40 в условиях АО «ПЗТМ»

Таблица 1 Капитальные затраты на изготовление одного станда для обкатки коробки перемены передач для ПТП – 40 в условиях АО «ПЗТМ»

№	Наименование (описание)	Цена за 1 шт. с НДС, тыс. тенге	Кол-во, шт	Цена с НДС, тыс. тенге
Покупные изделия				
1	Электродвигатель 5АН280М–4. Число оборотов 1485 об/мин, мощность 160 кВт.	1 470,1	2	2940,2
2	Вал карданный 53212–2205011–12 Мин. длина – 1490мм; рабочий ход – 159мм	92,6	2	185,2
3	Муфта предохранительная на максимальный крутящий момент 376 кгсм (3687.3Нм)	16,8	2	33,6
4	Подшипник радиально–упорный 7216 С Размеры, мм: 80x140x26	8,9	2	19,8
5	Трехфазный частотный преобразователь <u>Shenzhen INVT Electric Co Ltd GD200A–160G/200P–4</u> . Мощность – 160 кВт, 380 В.	2 217,0	1	2217,0
6	Блок рекуперативного торможения RBU–160–4. Мощность 160 кВт; Напряжение ЗАС 380V	1701,2	1	1701,2
7	Крепежные изделия (болты, шайбы, гайки, виброзащитные опоры) и звукоизоляция.	100,0	1	100,0
	Итого, покупные изделия, тыс. тенге:			7197,0
Изготавливаемые изделия				
1	Рама для установки КПП	60,0	1	60,0
2	Рама для установки приводного / нагружающего двигателя	10,0	2	20,0
3	Защитные ограждения	20,0	1	20,0
4	Промежуточный вал	2,0	2	4,0
5	Фланец для крепления карданного вала	2,0	2	4,0
	Итого, изготавливаемые изделия, тыс. тенге:			108,0
	Всего капитальных затрат, тыс. тенге:			7305,0

Привод станда будет электрическим и безредукторным. В качестве привода будет использоваться асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором 5АН280М–4 [1], развивающий номинальную мощность 160 кВт при номинальном числе оборотов 1485 об/мин. Плавный пуск двигателя и поддержание любого требуемого значения частоты вращения вала двигателя в диапазоне от 0 до 1250 об/мин будет обеспечиваться применением трехфазного частотного преобразователя Shenzhen INVT Electric Co Ltd GD200A–160G/200P–4 [2], развивающего номинальную мощность 160 кВт.

В качестве нагружающего устройства будет использоваться асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором 5АН280М–4. Т.е., для привода и для нагружающего устройства будут использоваться одинаковые электродвигатели. Для рекуперации и возврата в сеть (по информации на сайте производителя [3] до 95%) электрической энергии, вырабатываемой в результате рекуперативного торможения будет использоваться блок рекуперативного торможения RBU–160–4 [3], мощностью 160 кВт, преобразующий энергию торможения в трехфазное напряжение 380 В, частотой 50 Гц.

Для передачи крутящего момента от привода на входной промежуточный вал станда, а также для передачи крутящего момента с выходного промежуточного вала

стенда на нагружающее устройство будут использоваться два одинаковых «камазовских» карданных вала 53212–2205011–12.

Данные карданные валы имеют следующие технические характеристики [4]:

- минимальная длина карданного вала – 1490 мм;
- рабочий ход – 159 мм;
- применяемые фланцы – 4310–2205023–10 (гладкие, круглые).

Присоединение фланцев – 8 отверстий  $\times$  10,1 мм; диаметр по центрам противоположных отверстий – 185 мм, диаметр буртика – 198 мм, высота буртика – 4 мм, обод – 205 мм, толщина обода – 10 мм;

– применяемая крестовина – 4310–2205025–02, 53205–2205025–01 (крепление пластинами и болтами). Наружный диаметр подшипника – 50 мм, диаметр шипа крестовины – 33,62 мм, расстояние по торцам подшипников – 155 мм, расстояние по торцам шипов – 143 мм;

- максимальный угол поворота шарнира кардана 53212–2205011–12 – 28°;
- максимальный крутящий момент до деформации (Мд) = 9800 Нм;
- максимальный крутящий момент до разрушения (Мр) = 11000 Нм;
- внутренний диаметр трубы и толщина стенки (dxS) = 94 $\times$ 4 мм;
- масса карданного вала (М) = 47,8 кг.

Для защиты от недопустимых крутящих моментов на входном и выходном валах коробки перемены передач будут установлены предохранительные муфты с максимальным передаваемым крутящим моментом 376 кгсм (3687.3Нм) [5].

Предохранительные муфты будут установлены между промежуточным входным валом стенда и входным валом КПП, а также между промежуточным выходным валом стенда и выходным валом КПП.

Для устранения влияния шума привода и нагружающего устройства на шумовые характеристики КПП на стенде предусмотрен звукоизолирующий экран, представляющий собой стальной лист, покрытый звукоизоляционным материалом.

Для передачи крутящих моментов от карданных валов к входному и выходному валам КПП в звукоизолирующий экран будут установлены, соответственно, входной промежуточный вал стенда и выходной промежуточный вал стенда. Для установки этих валов в звукоизолирующий экран будут использованы два радиально–упорных подшипника типа 7216 С [6].

В производственных условиях АО «ПЗТМ» могут быть изготовлены:

– сварная рама (Рисунок 6) для размещения на ней подлежащей обкатке коробки перемены передач, звукоизолирующего экрана и промежуточных валов стенда (входного и выходного);

– две одинаковых станины для приводного и нагружающего электродвигателей;

– защитные ограждения для недопущения случайного контакта работников, обслуживающих стенд с вращающимися частями стенда (Рисунок 7);

– два одинаковых промежуточных вала стенда (входной и выходной). На рисунках 8 и 9 показаны промежуточные валы стенда в сборе (муфта, вал и фланец), соответственно входной и выходной. Муфты показаны слева и различаются конструкцией своих присоединительных фланцев, что вызвано различной конструкцией фланцев входного и выходного валов КПП (Рисунки 3 и 4);

– два одинаковых фланца для соединения карданного вала с промежуточным валом станда (на Рисунках 8 и 9 фланцы находятся на правой части промежуточного вала в сборке).

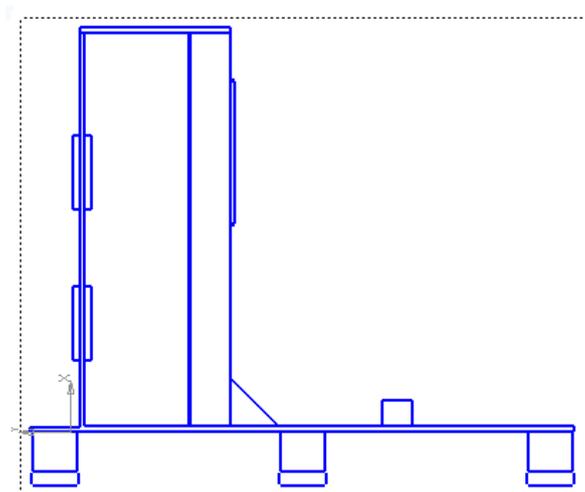


Рисунок 6 Сварная рама для установки коробки перемены передач

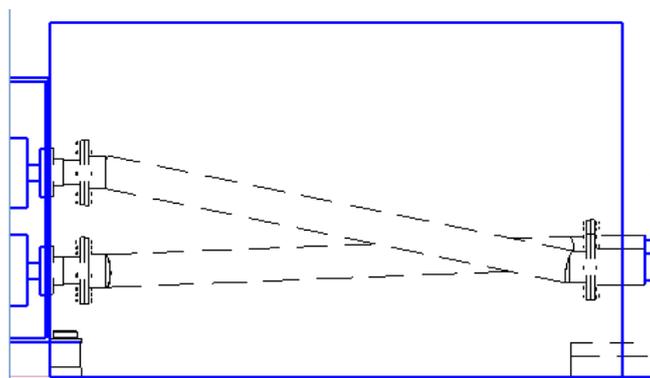


Рисунок 7 Защитное ограждение станда по обкатке коробки перемены передач

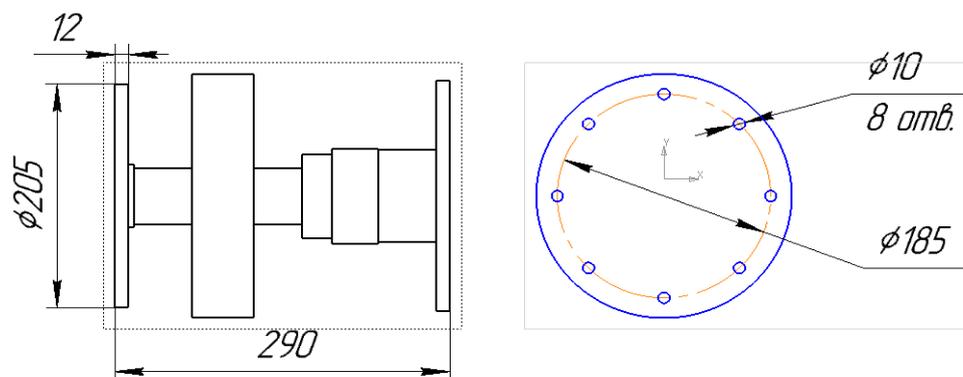


Рисунок 8 Входной промежуточный вал станда в сборе

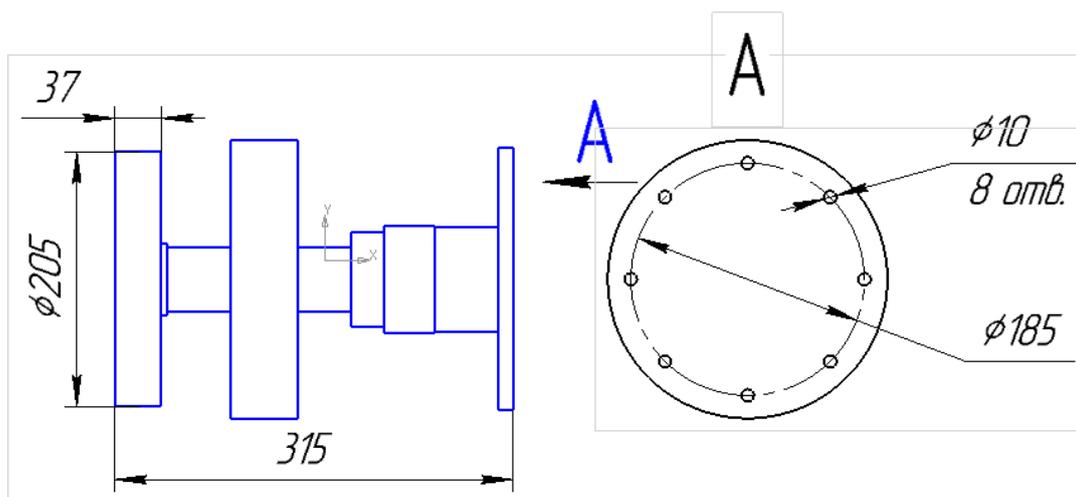


Рисунок 9 Выходной промежуточный вал станда в сборе

#### Заклучение

1. В качестве привода станда обкатки будем использовать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором и частотным управлением. Привод будет электрическим и безредукторным. Гидро – и пневмопривод имеют целый ряд преимуществ перед электроприводом, но обладают меньшим КПД. Учитывая, что мы никак не ограничены ни по массе, ни по габаритам привода наилучшим решением будет применение электропривода. По этим же соображениям электропривод будет безредукторным. Это, во-первых, повысит надежность привода, во-вторых, позволит значительно снизить шум и вибрацию привода. Применение частотного управления электроприводом, позволит применить наиболее надежный в эксплуатации асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

2. Так как межосевое расстояние между входным и выходным валом коробки передач значительно меньше габаритных размеров электропривода, то крутящий момент от привода на муфту входного вала коробки передач будет передаваться с помощью карданного вала. С помощью карданного вала, через муфту, выходной вал коробки передач будет вращать нагружающее устройство.

3. В качестве нагружающего устройства будет использоваться асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором в комплекте с блоком рекуперативного торможения, работающий в режиме электрогенератора. Это позволит осуществлять торможение с рекуперацией электрической энергии в сеть и тем самым повысить энергоэффективность привода.

4. Датчики для контроля вибрации будут установлены на корпусе коробки передач. Для уменьшения влияния собственной вибрации электропривода и нагружающего устройства, станд с коробкой передач будет располагаться на отдельной станине, установленной на резиновых подушках. Датчики числа оборотов будут установлены на электродвигатель и электрогенератор. Величина крутящего момента будет косвенно определяться по величине тока привода (для входного вала) и по величине тока электрогенератора (для выходного вала). Контроль шума коробки передач и температуры подшипникового узла будут осуществляться вручную: шум будет измеряться с помощью шумомера, а температура с помощью пирометра. Для

уменьшения влияния шума от привода и нагружающего устройства на шумовые характеристики коробки передач между ними будет размещен звукопоглощающий экран.

5. В качестве программы обкатки коробки передач рекомендовано применять программу обкатки коробки передач автомобиля Камаз. По согласованию с представителями АО «ПЗТМ» в эту программу могут быть внесены небольшие изменения.

#### **Литература:**

1. Филиал компании "ИНВОЛЬТ" в Астане. Товары и услуги. Электродвигатели. <https://involt.kz/g594199-elektrovdvigateli>. Скачано 01.06.2018.
2. Акето. Интернет магазин автоматики. Частотный преобразователь 160 кВт цена купить. <https://aketo.kz/chastotnye-preobrazovateli/160-kvt>. Скачано 01.06.2018.
3. Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации. Преобразователь частоты INVT: RBU – блок рекуперативного торможения. <http://kipstore.ru/rbu-160-4/>. Скачано 01.06.2018.
4. Оригинальные запасные части производства заводов Республики Беларусь. 53212-2205011-12 вал карданный КАМАЗ. <http://rasходnik.by/618-53212-2205011-12-val-kardannyj-kamaz.html>. Скачано 01.06.2018.
5. Муфта предохранительная вала приводного ИРК-145. <https://t-don.com/catalog/221026-mufta-predohranitel'naya-vala-privodnogo-irk145.html>. Скачано 01.06.2018.
6. Подшипниковый центр. Каталог. Подшипники. <http://bearing74.ru/catalog/bearings/?q=7216>. Скачано 01.06.2018.