

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильный сервис

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проектирование станда для разборочно-сборочных работ по коробке передач автомобилей КАМАЗ

Обучающийся

Д.Ю. Шарипов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Е. Епишкин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

канд. физ.-мат. наук Д.А. Романов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

В представленной работе бакалавра проведена углубленная проработка агрегатно-моторного отделения автотранспортного предприятия автомобилей КАМАЗ с разработкой кантователя для разборки-сборки коробок передач этих автомобилей.

В первом разделе проанализировано автотранспортное предприятие, углубленно проанализирован участок агрегатно-моторного отделения, выявлено необходимое оборудование для участка, рассчитано необходимое количество персонала, рассчитана необходимая площадь. Проведен расчет требований к помещению, таких как вентиляция, воздухообмен, освещение, рассмотрены основные объемно-планировочные решения.

Во втором разделе рассмотрены имеющиеся в продаже кантователи для двигателей и коробок передач, проведена сравнительная оценка совокупности их характеристик методом построения циклограмм. Подобрано наиболее подходящее для условий предприятия технологическое оборудование из стендов имеющих наилучшие характеристики.

В третьем разделе на основе аналогов спроектировано собственное оборудование – кантователь для разборки-сборки коробок передач, выполнены сборочные чертежи конструкции, проведены расчеты элементов его конструкции.

В четвертом разделе разработана последовательность проведения технологического процесса разборки КП КАМАЗ при помощи спроектированного технологического оборудования, на основании которой составлена подробная технологическая карта.

В пятом разделе рассмотрена безопасность и экологичность технического объекта

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ автотранспортного предприятия, углубленная проработка отделения агрегатно-моторного ремонта	5
1.1 Анализ автотранспортного предприятия	5
1.2 Анализ участка агрегатно-моторного ремонта.....	6
1.3 Требования к помещению, где будет расположен стенд	11
2 Анализ аналогов разрабатываемого оборудования.....	15
2.1 Поиск аналогов разрабатываемого технологического оборудования... ..	15
2.2 Расчет показателей циклограммы	23
3 Разработка конструкции стенда для разборочно-сборочных работ по коробке передач автомобилей КАМАЗ.....	26
3.1 Техническая характеристика стенда, без учета установленной КПП ...	26
3.2 Техническое предложение	26
3.3 Устройство стенда.....	28
3.4 Расчет конструкции стенда	33
4 Технологический процесс разборки коробки передач автомобиля КАМАЗ	41
5 Безопасность и экологичность технического объекта	45
Заключение	49
Список используемой литературы и используемых источников.....	50

Введение

Возрастная структура парка грузовиков гораздо более пессимистична, чем у прочих сегментов автомобильного парка, включая даже автобусы. Так, доля грузовых, переваливших за 10 лет составляет 2 млн 148,7 тыс. или 69,7% (у автобусов, например, 58,6%), т.е. из каждых десяти грузовиков в стране – семь уже фактически выработали свой основной и даже продолженный капремонтами физический ресурс. При этом машин в возрасте свыше 20 лет среди грузовиков гораздо больше, чем в других сегментах.

В условиях сокращения продаж новых автомобилей и общего старения парка актуально техническое переоснащение действующих предприятий автомобильного транспорта, совершенствование технологий ТО и Р, проектирование нового оборудования для повышения производительности труда.

Целью бакалаврской работы является проектирование стенда для разборочно-сборочных работ по коробке передач автомобилей КАМАЗ.

Для выполнения целей работы необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ автотранспортного предприятия, углубленно проанализировать участок агрегатно-моторного отделения,
- рассмотреть имеющиеся в продаже кантователи для двигателей и коробок передач, провести сравнительную оценку совокупности их характеристик методом построения циклограмм,
- спроектировать собственное оборудование – кантователь для разборки-сборки коробок передач на основе найденного аналога,
- разработать последовательность проведения технологического процесса разборки коробки передач КАМАЗ ,
- рассмотреть безопасность и экологичность технического объекта.

Объектом исследования является автотранспортное предприятие, предметом исследования стенд для разборочно-сборочных работ.

1 Анализ автотранспортного предприятия, углубленная проработка отделения агрегатно-моторного ремонта

1.1 Анализ автотранспортного предприятия

Рассмотрим автотранспортное предприятие, на котором планируется провести анализ участка, выявить проблемы участка и разработать мероприятия по их устранению. Автотранспортное предприятие имеет свой парк автомобилей, которые осуществляют перевозки разногабаритных грузов. Для бесперебойной работы предприятия необходимо следить за техническим состоянием легковых автомобилей, вовремя проводить техническое обслуживание и ремонт.

Для этого на предприятии имеются участки для технического обслуживания и ремонта, а также диагностики автомобилей. Проведем расчет участка диагностики.

Участок диагностики оценивает состояние автомобиля, выявляет неисправности в работе. На участке оценивается:

- тормозная система автомобиля;
- нормы СО;
- исправность рулевого управления;
- исправность светотехнического устройства автомобиля;
- состояния колес;
- определение состояния мощности;
- определения состояния аккумуляторной системы;
- определение состояния зажигания;
- состояние двигателя;
- исправность электрооборудования;
- исправность трансмиссии.

1.2 Анализ участка агрегатно-моторного ремонта

«Из-за малых размеров предприятия, небольшого количества автомобилей и малого объема работ моторное отделение совмещено с агрегатным, так как работы, проводимые в этих отделениях, являются технологически совместимыми. Поэтому на данном предприятии моторное отделение предназначено для проведения текущего и капитального ремонта двигателей и их отдельных механизмов и систем, а также для проведения разборочно-сборочных, моечных, диагностических, регулировочных и контрольных операций по коробке передач, рулевому управлению, ведущему мосту и другим агрегатам и узлам, снятым с автомобиля для выполнения текущего ремонта.» [2]

«Агрегатные работы включают замену неисправных агрегатов, механизмов и узлов на исправные. Замену в них неисправных деталей на новые или отремонтированные (соответствующего ремонтного размера), а также разборочно-сборочные работы, связанные с ремонтом отдельных деталей и подгонкой их по месту установки.» [12]

«На участке агрегатно-моторного ремонта выполняются следующие виды услуг:

- ремонт сцепления;
- ремонт механической коробки передач;
- обкатка КП;
- ремонт карданной передачи;
- ремонт переднего и заднего моста;
- ремонт рулевого управления;
- ремонт ручного тормоза;
- ремонт ходовой части;
- ремонт тормозной системы;
- ремонт и проверка энергоаккумуляторов.» [22]

Определим суточную производственную программу на участке по формуле (1).

$$N_{Д1с} = \frac{N_{Д1г}}{Д_r} = \frac{2200}{365} = 6 \quad (1)$$

Расчет такта производим по формуле (2):

$$\tau = \frac{60 \cdot 0,61}{1} + 1 = 37,6 \quad (2)$$

Расчет ритма производим по формуле (3):

$$R = \frac{8 \cdot 60}{6} = 80 \quad (3)$$

Рассчитаем количество постов Д-1 по формуле (4):

$$X_{Д1} = \frac{37,6}{80} = 0,47 = 1 \quad (4)$$

Рассчитаем штатное количество рабочих в зоне по формуле (5):

$$P_{шт} = \frac{1362,7}{1840} = 1 \quad (5)$$

Рассчитаем явочное количество рабочих в зоне по формуле (6):

$$P_{яв} = 1 \cdot 0,93 = 1 \quad (6)$$

Рассчитаем площадь зоны диагностики:

$$F_{Д} = (X_{Д1} + X_{Д2}) \cdot f \cdot k = (1 + 1) \cdot 6,87 \cdot 4,5 = 61,8(\text{м}^2) \quad (7)$$

Проведем расчет зоны технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей. Для бесперебойной работы автомобилей необходимо своевременно проводить техническое обслуживание автомобиля. На участке ведутся работы по замене масла, замене жидкостей, смазочные, крепежные и регулировочные работы.

Рассчитаем суточную программу ТО по формуле (8):

$$N_c = \frac{2000}{365} = 5 \text{ шт.} \quad (8)$$

Исходя из суточной программы принимаем решение о том, что работы в зоне ТО будут проводиться на тупиковых постах.

Расчет такта производим по формуле (1):

$$\tau = \frac{60 \cdot 7,36}{2} + 1,5 = 222,3$$

Расчет ритма производим по формуле (3):

$$R = \frac{8 \cdot 60}{5} = 96$$

Рассчитаем количество постов ТО по формуле (4):

$$X_{ТО} = \frac{222,3}{96} = 3$$

Рассчитаем штатное количество рабочих в зоне ТО по формуле (5):

$$P_{шт} = \frac{12611,4}{1840} = 6,5$$

Рассчитаем явочное количество рабочих в зоне ТО по формуле (6):

$$P_{яв} = 6,5 \cdot 0,93 = 6$$

Рассчитаем площадь зоны ТО по формуле (7):

$$F_{ТО} = X_{ТО} \cdot m \cdot f \cdot k \\ F_{ТО} = 3 \cdot 1 \cdot 6,87 \cdot 4,5 = 92,8 \text{ м}^2$$

После диагностики и выявления неисправностей автомобиль поступает на участок технического ремонта. На участке производятся сборочно-разборочные, кузовные, сварочные, слесарные и связанные с устранением различных неисправностей.

Рассчитаем штатное количество рабочих в зоне ТР по формуле (4):

$$P_{шт} = \frac{16590,7}{1840} = 9,5$$

Рассчитаем явочное количество рабочих в зоне ТР по формуле (5):

$$P_{яв} = 9,5 \cdot 0,93 = 9$$

Рассчитаем площадь зоны ТР по формуле (7):

$$F_{TP} = X_{TP} \cdot f \cdot k = 5 \cdot 6,87 \cdot 4,5 = 154,6(\text{м}^2)$$

«Так как проведение контрольных и ремонтных операций требует обладания высокими навыками работы со сложным технологическим оборудованием и электронно-вычислительной техникой и от качества проведения ремонтных работ зависит весь дальнейший процесс эксплуатации и обслуживания, то для обеспечения более высокого качества работ рекомендуется привлекать квалифицированный производственный персонал – слесарей только 4-го и последующих разрядов. Исключение составляют мочные операции, с которыми вполне способны справляться работники более низкой квалификации (слесарь 2-3-го разрядов).»[4]

«В качестве поставщиков технологического оборудования для разрабатываемого отделения мы предлагаем использовать российские фирмы, специализирующиеся на продаже оборудования и организационной оснастки для автосервисов и АТП.

Весь перечень необходимого оборудования приведен в таблице технологического оборудования (таблица 1).» [14]

Таблица 1 - Технологическое оборудование

Наименование оборудования	Модель	Количество	Габаритные размеры, мм
Стенд обкаточно-тормозной для автотракторных двигателей	КИ-5520	1	4170x1560x1600
Стенд для обкатки с нагрузкой коробок передач	КС-2	1	2990x845x1000
Топливный бак	-	1	1250x300x1800
Установка для шлифовки фасок и торцов клапанов	Р-186	1	550x430x300
Приспособление для шлифовки клапанных гнезд	Р-176	1	312x238x72
Электрошкаф	-	1	300x600
Приспособление для притирки клапанов	Р-177	1	360x180x80
Пресс электрогидравлический	Р-338	1	470x200x860
Стенд для разборки-сборки и регулировки сцеплений	Р-176	1	590x580x1030
Стенд для разборки-сборки двигателей	Р-776	1	1850x1050x1050
Плита для контроля плоскостности блока и головки блока цилиндров	-	1	1000x750x1000
Ларь для обтирочных материалов	-	1	400x510x800
Универсальные центры для проверки валов	-	1	1500x600x1200
Станок сверлильный настольный	Р-175М	1	550x330x680
Пресс напольный гидравлический, грузоподъемность 30 т.	ППП-30	1	700x1200x1800
Стенд для разборки-сборки пружинного энергоаккумулятора тормозной камеры автомобиля «КамАЗ»	С-1	1	380x370x580
Универсальный стенд для разборки, редукторов мостов и коробок передач	Р-600	1	1180x670x1000
Стенд для разборки-сборки передних и задних мостов грузовых автомобилей	2450	1	1095x780x1100
Маслостанция	-	1	660x400x1400

В таблице представлено основное оборудование, также есть дополнительное оборудование, которое необходимо для работы участка.

1.3 Требования к помещению, где будет расположен стенд

Площадь отделения определяем по формуле:

$$F_{np} = K_{пл} \cdot \sum F_{обор} \quad (9)$$

где $\sum F_{обор}$ – суммарная площадь занимаемая оборудованием;

$K_{пл}$ - коэффициент плотности расстановки оборудования

$$\begin{aligned} F_{np} = & 4,0 \cdot (4,17 \times 1,56 + 0,6 \times 0,8 + 0,93 \times 1,2 + 1,25 \times 0,3 + 0,55 \times 0,43 + \\ & + 0,312 \times 0,238 + 0,34 \times 0,42 + 0,36 \times 0,18 + 0,47 \times 0,2 + 1,9 \times 2,28 + 1,05 \times 0,5 + \\ & + 1,85 \times 1,05 + 1,0 \times 0,75 + 2,0 \times 0,8 + 0,71 \times 0,6 + 0,705 \times 0,5 + 1,2 \times 0,8 \times 5 + 1,0 \times 0,5 + \\ & + 0,6 \times 0,8 \times 2 + 0,4 \times 0,51 + 1,5 \times 0,6 + 0,55 \times 0,33 + 0,61 \times 0,665 + 0,52 \times 0,68 + 0,7 \times 1,2 + \\ & + 0,38 \times 0,37 + 0,755 \times 0,9 + 1,18 \times 0,67 + 1,095 \times 0,78 + 0,93 \times 0,6 + 0,59 \times 0,58 + \\ & + 0,66 \times 0,4 + 1,4 \times 0,9) = 4,5 \cdot (6,51 + 0,48 + 1,12 + 0,38 + 0,24 + 0,07 + \\ & + 0,14 + 0,06 + 0,09 + 4,33 + 0,53 + 1,94 + 0,75 + 1,6 + 0,43 + 0,35 + 0,96 \times 5 + 0,5 + \\ & + 0,48 \times 2 + 0,2 + 0,9 + 0,18 + 0,41 + 0,35 + 0,84 + 0,14 + 0,68 + 0,79 + 0,85 + 0,56 + 0,34 + \\ & + 0,26 + 1,26) = 4,0 \times 20,2 \approx 81 \text{ м}^2 \end{aligned}$$

Расчёт общеобменной вентиляции и расчет поступления в помещение вредных выделений:

Теплопоступление от людей определяется по формуле (10):

$$Q_{л} = g \cdot n = 99 \cdot 1 = 99 \text{ Вт/ч}, \quad (10)$$

где g – удельное выделение тепла одним взрослым мужчиной при легкой работе и температуре воздуха 20° , Вт/чел;

n – количество человек работающих на участке.

Тепловыделение от источников искусственного освещения определяется по формуле (11):

$$Q_{осв} = \frac{E \cdot F \cdot g_{осв} \cdot \eta_{осв}}{8} = \frac{300 \cdot 84 \cdot 0,077 \cdot 0,45}{8} = 109,15 \text{ Вт/ч}, \quad (11)$$

где E - норма освещенности для участка, Лм;

F – площадь участка, м²;

$g_{осв}$ – тепловыделение от источников за час;

$\eta_{осв}$ – коэффициент полезного действия источников освещения на нагрев помещения.

Определение влагопоступлений от людей определяется по формуле (12):

$$W_{л} = \omega \cdot n = 75 \cdot 1 = 75 \text{ г/ч}, \quad (12)$$

где ω – удельное выделение влаги одним взрослым мужчиной при легкой работе и температуре воздуха 20° , г/ч;

n – количество человек работающих на участке.

Количество двуокиси углерода, выделяемого в помещении определяется по формуле (13):

$$Z_{л} = \omega \cdot n = 25 \cdot 1 = 25 \text{ л/ч}, \quad (13)$$

где ω – удельное выделение двуокиси углерода одним взрослым мужчиной при легкой работе, л/ч;

n – количество человек работающих на участке.

Воздушный режим помещений:

Расчет воздухообмена на разбавление теплоизбытков определяется по формуле (14):

$$L = \frac{3,6 \cdot Q}{C \cdot (t_{yx} - t_{np})} = \frac{3,6 \cdot 208,15}{1,2 \cdot (19 - 14)} = 124,89 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (14)$$

где Q – суммарное теплопоступление от людей и источников искусственного освещения;

C - эмпирический коэффициент;

t_{yx} – температура воздуха отводимого из помещения;

t_{np} – температура воздуха поступающего в помещение.

Расчет воздухообмена на разбавление влагоизбытков определяется по формуле (15):

$$L = \frac{3,6 \cdot W}{1,2 \cdot (d_{yx} - d_{np})} = \frac{3,6 \cdot 75}{1,2 \cdot (7 - 3)} = 56,25 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (15)$$

где W – влагопоступление от людей;

d_{yx} – концентрация влаги в воздухе отводимого из помещения;

d_{np} – концентрация влаги в воздухе поступающего в помещение.

Расчет воздухообмена на разбавление газо-и паровыделений определяется по формуле (16):

$$L = \frac{3,6 \cdot Z}{1,2 \cdot (Z_{yx} - Z_{np})} = \frac{3,6 \cdot 25}{1,2 \cdot (1,25 - 0,5)} = 100 \text{ м}^3 / \text{ч}, \quad (16)$$

где Z - количество двуокиси углерода выделяемой в помещении;

Z_{yx} – концентрация двуокиси углерода в воздухе отводимого из помещения;

Z_{np} – концентрация двуокиси углерода в воздухе поступающего в помещение.

Принимаем для общеобменной вентиляции участка диагностики наибольший объем, получившийся в результате расчетов и равный 124,89 м³/ч.

«В помещения для обкатки двигателей и агрегатов, а также в помещения для мойки из отделения ведут широкие раздвижные двери, спроектированные для удобства перемещения ремонтируемых узлов в пределах отделения.

У внешней стены отделения располагается стол для сортировки деталей, на котором также выполняются дефектовочные, контрольные и комплектовочные работы. Слева от стола вдоль примыкающей стены расположены стеллаж для деталей и передвижная ванна для мойки мелких деталей, справа от него – ларь для обтирочных материалов и инструментальный шкаф для хранения измерительного инструмента.»[3]

«Справа от входа вдоль стены помещения последовательно располагаются ларь для отработанных обтирочных материалов, станок для расточки тормозных барабанов, плита для проверки плоскостности головки блока цилиндров, универсальные центра для проверки валов, 3 поддона для хранения двигателей и агрегатов в сборе.

Вдоль левой стены помещения располагаются слесарные верстаки, пресс гидравлический напольный, инструментальный шкаф для хранения слесарного инструмента.

Вдоль правой стены помещения последовательно располагаются пять слесарных верстаков с оборудованием для ремонта головки блока цилиндров, лабораторный сушильный шкаф для нагрева деталей при прессовых посадках, настольный сверлильный станок.» [21]

«В центре отделения расставлены кантователи для разборки-сборки узлов и агрегатов, передвижной стенд для разборки сцеплений и стенд для ремонта ведущих мостов, стенд для ремонта рулевого управления и карданной передачи, стенды для разборки-сборки редукторов ведущих мостов и коробок передач, стенд для разборки двигателей.

В помещении для обкатки справа и слева от входа располагаются обкаточные стенды, для управления стендами и анализа информации о техническом состоянии агрегатов используется персональный компьютер с соответствующим программным обеспечением. В обкаточное отделение ведут широкие распашные ворота. На стенды агрегаты устанавливаются с помощью местной кран-балки грузоподъемностью 1,5 т.

Все оборудование расставлено с учетом норм расстановки оборудования.» [13]

Вывод: в разделе проанализировано автотранспортное предприятие, углубленно проанализирован участок агрегатно-моторного отделения, выявлено необходимое оборудование для участка, рассчитано необходимое количество персонала, рассчитана необходимая площадь. Проведен расчет требований к помещению, таких как вентиляция, воздухообмен, освещение, рассмотрены основные объемно-планировочные решения.

2 Анализ аналогов разрабатываемого оборудования

2.1 Поиск аналогов разрабатываемого технологического оборудования

«На основании выбранной темы дипломного проекта и проработанного участка, было выявлено, что необходимо разработать оборудование которое отвечало бы всем требованиям безопасности труда а так же экономическим показателям.

В соответствии с заданной темой был проведен поиск аналогичных устройств.

Стенд-кантователь Р-770Е (рисунок 1,2)

В качестве исходного варианта конструкции предложено использовать описание стенда Р-770Е (таблица 2).

Стенд для сборки и разборки двигателей Р770Е предназначен для:

- ремонтных подразделений автотранспортных предприятий,
- сборки и разборки автомобильных двигателей и агрегатов.» [1]

Таблица 2 - Технические характеристики кантователя Р770Е

Характеристика	Стенд-кантователь Р770Е
Тип	стационарный
Грузоподъемность, кг	2000
Способ поворота	электродвигателем через червячный редуктор
Угол поворота двигателя, град.	360
Напряжение питания, В	380
Установленная мощность, кВт	0,75
Частота вращения шпинделя (траверсы)	2,5
Габаритные размеры, мм, не более:	
- длина	2282
- ширина	1060
- высота	1425
Масса, кг, не более	460
Срок службы, лет	8
Ресурс до среднего ремонта, ч	3000

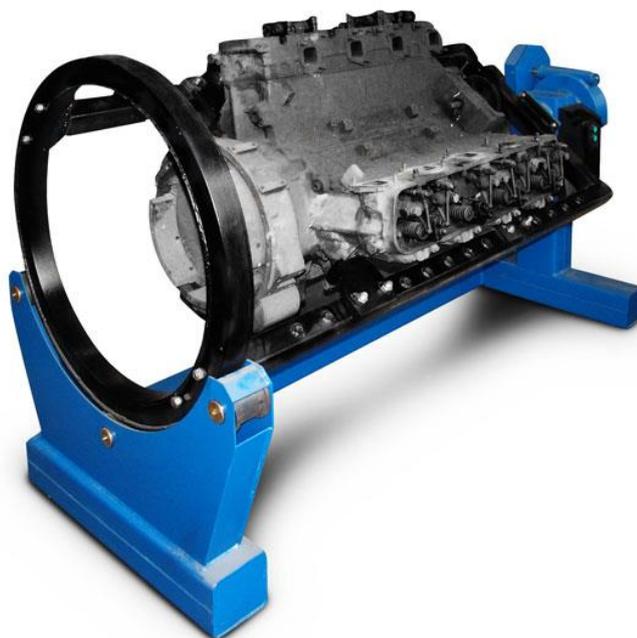


Рисунок 1 – Стенд-кантователь Р-770Е

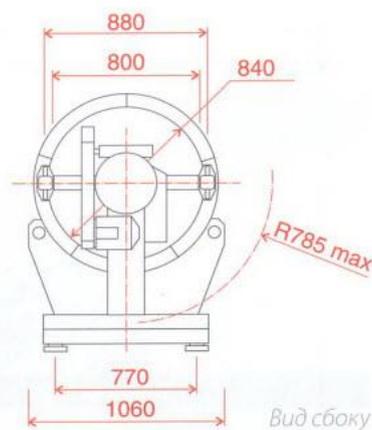
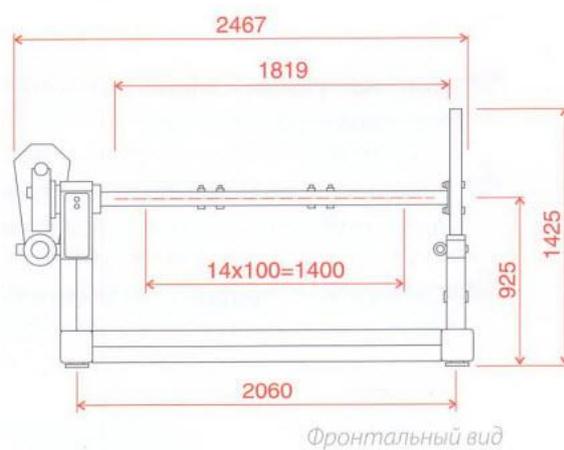


Рисунок 2 - Стенд Р-770Е (габаритные размеры)

«На основании смонтированы продольные направляющие, на которых установлены подвижная платформа с размещенными на ней беговыми барабанами. Подвижная платформа кинематически соединена с приводом перемещения, установленным на основании.» [23] Неподвижная платформа с размещенными на ней дополнительными беговыми барабанами закреплена на основании. Беговые барабаны кинематически соединены между собой и с редуктором, установленным на подвижной платформе. На подвижной каретке закреплены две опорные стойки с валами для полого вала. На боковых стойках параллельно валу закреплены направляющие втулки. Направляющие втулки, закрепленные на опорной стойке, смещаются по фазе на угол α относительно направляющих втулок, закрепленных на боковой стойке. В направляющих втулках телескопически установлены стержни, на одном конце которых закреплены ограничители с возможностью упора о внутренние торцы направляющих втулок. В направляющих втулках телескопически установлены стержни на одном конце которых закреплены ограничители с возможностью упора о внутренние торцы направляющих втулок. Другие концы стержней соединены траверсой, на которой смонтирована дополнительная опора для дополнительного раздвижного вала телескопически соединенного с другим концом полого вала и кинематически соединенного посредством карданной передачи с выходным валом дополнительного углового редуктора. На подвижной и неподвижной платформах между беговыми барабанами установлены подъемные площадки.

«Исходя из требований и рекомендаций определим присущие данному стенду недостатки:

- поскольку универсальность стенда под разномарочный парк автомобилей и двигателей соответственно в ТЗ не было описано, то очевидно, что на начальной стадии разработки необходимо отказаться от опции универсального стенда, но оставить возможность для дальнейшей модернизации (в случае

возникновения такой потребности). Это позволит снизить металлоемкость, а следовательно и себестоимость стенда;

- компоновочное решение конструкции не внушает гарантированной стационарной устойчивости стенда – из-за сравнительно не большой площади и разнесенности опор, что неизбежно вызывает определенное чувство неуверенности в его надежности и обеспечении безопасности работ. Т.о. необходимо хотя бы немного разнести опоры стенда, что так же придаст ему более эстетичный внешний вид;
- конструктивно стенд является слишком металлоемким из-за очевидно чрезмерного применения листового металла в качестве части несущих конструкций, что ведет к удорожанию и утяжелению конструкции в целом. Поэтому предлагается в качестве несущих конструкций применять пространственно сваренный каркас из труб, например квадратного или прямоугольного сечения, что позволит снизить металлоемкость конструкции без потери жесткости;
- применение червячного редуктора является, безусловно оправданным выбором (поскольку он является самотормозящим – т.е. имеет нулевое обратное КПД), но сам червячный редуктор является дорогим по стоимости узлом, поэтому способ привода при помощи червячного редуктора не исключаем из возможных вариантов, но так же необходимо рассматривать и альтернативные варианты привода – более простые в изготовлении и соответственно более дешевые.» [6]

В качестве второго аналога рассматривается конструкция стенда Р-730, которая очень схожа с предыдущей конструкцией (рисунок 3).

«Этот стенд также является стационарным по исполнению, с ручным приводом подвижной рамки по средствам червячного редуктора, но при этом рамка связана с выходным валом редуктора не на прямую, а через цепную передачу.

Такое решение позволяет предъявлять гораздо меньше требований к точности изготовления элементов конструкции не подвижной (рамы несущей) и подвижной (поворотной рамки), т.е. нет необходимости в точной и трудоемкой регулировке.

При этом, на случай обрыва цепи предусмотрена механическая фиксация поворотной рамки (подпружиненный штырь, входящий в тело опорного обруча).» [9] Технические характеристики показаны в таблице 3.

Таблица 3 -Технические характеристики Р-730

Тип устройства	Ручной
Максимальная грузоподъемность стенда	2 т
Поворотный механизм	в ручном режиме, используя червячный редуктор
Поворотный угол двигателя	360 (градусы)
Используемое напряжение	380 (В)
Мощность стенда	0,75 (кВт)
Вращательная частота траверсы	2,5 оборота в минуту
Габаритные размеры Д/Ш/В (мм):	
Длина	2388
Ширина	1060
Высота	1425
Масса устройства	385 кг

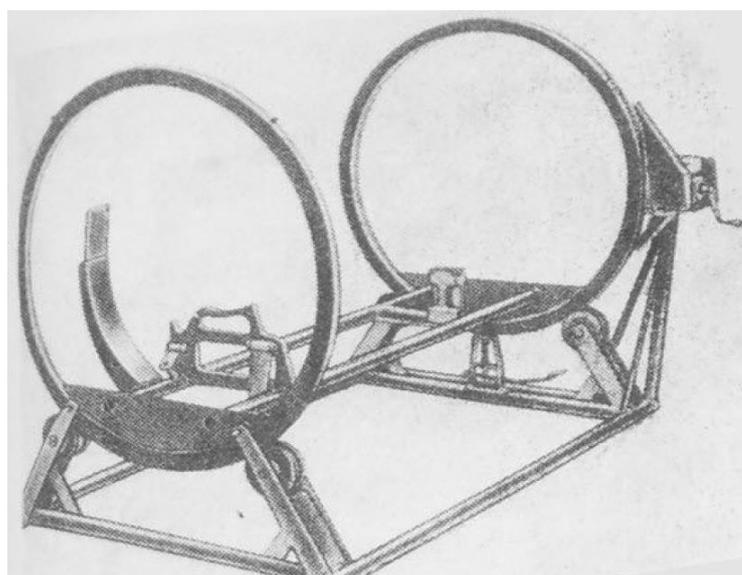


Рисунок 3 - Стенд-кантователь Р-730

Стенд используется следующим образом. Установка беговых барабанов в соответствии с базой испытываемого транспортного средства осуществляется перемещением посредством привода подвижной платформы по продольным направляющим. При этом в зависимости от соотношения сил трения между дополнительными продольными направляющими и подвижной кареткой и направляющими втулками и стержнями при перемещении подвижной платформы происходит поочередное перемещение стержней и подвижной каретки.

Максимальное расстояние между парами беговых барабанов, соответствующее максимальной базе испытываемого транспортного средства, достигается при крайнем левом положении подвижной платформы. При этом благодаря параллельности направляющих втулок полуму валу и при выборе соответствующей длины этих направляющих втулок сохраняется соосность раздвижных валов и полого вала, что снижает динамические нагрузки при вращении валов и повышает долговечность стенда. Для уменьшения расстояния между парами беговых барабанов для обеспечения возможности установки на них транспортного средства с меньшей базой подвижную платформу посредством привода перемещают вправо по параллельным направляющим, При этом с направляющими втулками больше суммарной силы трения в контакте подвижной каретки с дополнительными продольными направляющими и стержней с направляющими втулками, то при перемещении подвижной платформы вправо перемещается вправо в продольном направлении подвижная каретка до упора опорной стойки о траверсу при неподвижных стержнях направляющих втулок. При дальнейшем перемещении подвижной платформы в крайнее правое положение стержни перемещаются вправо по направляющим втулкам до упора траверсы об опорную стойку. Это соответствует минимальной базе испытываемого транспортного средства. Благодаря смещению по фазе направляющих втулок относительно направляющих втулок стержни не упираются в стержни.

«К преимуществам данного стенда можно отнести:

- простота изготовления и дешевизна конструкции, за счет применения стандартного квадратного профиля в изготовлении каркасных конструкций, а также применение в конструкции преимущественно простых и дешевых узлов и деталей, которые можно изготовить в условиях АТП (СТО);
- компоновочное решение, обеспечивающее жесткую стационарную устойчивость стенда.

Из недостатков этого стенда следует выделить:

- недостаточная жесткость поворотной рамки из-за нижнего расположения связующих балок;
- внешний вид стенда не соответствует современным эстетическим нормам.» [5]

Стенд-кантователь Р-776К представлен на рисунке 4.

«Стенд для разборки и сборки двигателей, КамАЗ, ЯМЗ, Д-245, электромеханический.

Технические характеристики:

Напольный, стационарный

Напряжение питания 380в,

мощность двигателя 0,55кВт,

угол поворота обслуживаемого двигателя - 360,

габариты 1480x810x1070мм,

Масса 330кг.

Макс. Грузоподъемность, кг 2200» [7]



Рисунок 4 – Стенд-кантователь Р-776К

При перемещении подвижной платформы влево от крайнего правого положения вначале перемещается влево подвижная каретка до упора ограничителей о внутренние торцы направляющих втулок. При дальнейшем перемещении влево подвижной платформы стержни перемещаются влево по направляющим втулкам до упора ограничителей о внутренние торцы направляющих втулок. Это соответствует максимальной базе испытываемого транспортного средства.

После установки подвижной платформы в положение, соответствующее базе испытываемого транспортного средства, подвижные площадки поднимаются и транспортное средство ведущими колесами заезжает, например, на беговые барабаны, и ведомыми — на дополнительные беговые барабаны. Далее подвижные площадки опускают. При вращении ведущих колес испытываемого транспортного средства вращение от беговых барабанов посредством углового редуктора и карданной передачи, раздвижного вала, полого вала, дополнительного раздвижного вала карданной передачи и дополнительного углового редуктора передается

дополнительным беговым барабанам, которые при этом вращают ведомые колеса транспортного средства, имитируя движение по дороге.

Стенд сконструирован т.о., что вращение управляемых колес автомобиля осуществляется при помощи одного приводного устройства через цепную передачу и разборный общий вал приводных барабанов. Также конструкция стенда предусматривает обслуживание разных типов автомобилей с разным «межколесным» расстоянием т.к. используются плоские и достаточно широкие барабаны.

2.2 Расчет показателей циклограммы

«Привод стенда не мало важная часть, так как электрический привод использовать удобнее, то на общем качестве стенда электрический привод будет выражаться 1, а ручной привод 0,5.»[11]

$$P_1 = \frac{0,5}{1} = 0,5$$

$$P_2 = \frac{0,5}{1} = 0,5$$

«Вес стенда, в данном случае будет определять его устойчивость, к тому же за счет увеличения жесткости конструкции увеличивается и его масса.» [14]

$$P_1 = \frac{445}{385} = 1,2$$

$$P_2 = \frac{445}{300} = 1,5$$

«Проектируемая конструкция должна обладать грузоподъемностью максимум 1000 кг, если учесть что минимальная грузоподъемность сравниваемых стендов 1800 кг, то увеличение грузоподъемности ведет к ухудшению качества.» [20]

$$P_1 = \frac{2000}{1800} = 1,1$$

$$P_2 = \frac{2000}{2200} = 0,9$$

«У любого стенда есть свой срок эксплуатации и срок через который необходимо делать капитальный ремонт, соответственно чем реже делается кап. ремонт тем лучше качество.» [19]

$$P_1 = \frac{4}{2} = 2$$

$$P_2 = \frac{3}{2} = 1,5$$

«Чем меньше (компактнее) площадь конструкции, тем лучше общее качество стенда.» [12]

$$P_1 = \frac{2,6}{2,1} = 1,25$$

$$P_2 = \frac{2,6}{2,9} = 0,87$$

«Стоимость играет не последнюю роль в выборе аналога, и конечно что же здесь уменьшение стоимости улучшает качество.» [2]

$$P_1 = \frac{114500}{87000} = 1,3$$

$$P_2 = \frac{114500}{66200} = 1,73$$

По данным значениям строится циклограмма значение прототипа везде принимается за 1.

Свод характеристик аналогов представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Свод характеристик аналогов

Параметры	P-770E	P-730	P-776K	Разрабатываемый стенд
Привод	электрический	ручной	ручной	ручной
Вес, кг	445	385	300	85
Грузоподъемность, кг	2000	1800	2200	700
Срок до кап. ремонта, год	4	3	2	1,5
Площадь конструкции, м ²	2,6	2,1	2,9	0,8
Стоимость, руб.	114500	87000	66200	-

На основании данной таблицы была построена циклограмма, на которой видно, что стенд-кантователь P-730 больше всего подходит на роль аналога разрабатываемой конструкции.

Вывод: в разделе был проведен поиск аналогов стенда для разборочно-сборочных работ по коробке передач автомобилей, найдено 2 аналога, которые подходят для нашего технического задания, проведен сравнительный анализ, в результате которого наибольшее количество баллов и наибольшую площадь циклограммы получил стенд-кантователь P-730. Примем эту модель стенда как базовую для разработки конструкции стенда.

3 Разработка конструкции стенда для разборочно-сборочных работ по коробке передач автомобилей КАМАЗ

3.1 Техническая характеристика стенда, без учета установленной КПП

Масса стенда - 864 кг.

Габариты стенда:

- длина - 2400 мм;
- ширина - 770 мм;
- высота - 578 мм.

Скорость вращения приводных роликов - не более 2,5 км/ч.

Тип мотор-редуктора - цилиндрический одноступенчатый МЦ.

- потребляемая мощность - 2,2 кВт.
- крутящий момент на выходном валу редуктора - 21,5 кгс м.
- частота вращения выходного вала редуктора - 355 мин .
- межосевое расстояние редуктора - 63 мм.

Передаточное отношение трансмиссии стенда - 15,5.

3.2 Техническое предложение

Дополнительные рекомендации и требования к разработке:

- по возможности максимально использовать возможность внедрения в конструкцию стенда стандартных изделий: манжеты, подшипники качения, стопорные кольца, электродвигатели, метизы, редукторы, мотор-редукторы, муфты, цепи и тд. – для обеспечения ремонтпригодности и модернизации изделия;
- стенд должен иметь одно приводное устройство, осуществляющее вращение управляемых колес автомобиля;

- стенд должен быть универсальным, следовательно конструкция стенда должна предусматривать обслуживание разных типов автомобилей с разным «межколесным» расстоянием;
- конструкция стенда не должна иметь дополнительных механизмов для фиксации балки управляемого моста, т.к. это снижает производительность стенда – за счет наличия дополнительных рабочих операций, и повышает себестоимость стенда – за счет наличия дополнительного приводного устройства (электромеханического, гидравлического или пневматического);
- общий срок эксплуатации стенда должен быть не менее 7 лет, при этом предусмотренная периодичность проведения профилактических работ (ТО) – не более 1 раза в 4 месяца;
- при разработке конструкции стенда учесть известные аналоги и особенности проводимых работ на данный момент времени.

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать стенда для разборочно-сборочных работ по коробке передач автомобилей.

Предполагается два варианта компоновки установки: изготовление устройства с возможностью крепления его за рулевое колесо и крепление за водительское сиденье. По первому варианту пневмоцилиндр при помощи трубы фиксируется за рулевое колесо, образуя угол, более способствующий прокачиванию тормозной системы. По второму варианту пневмоцилиндр упирается за крепления водительского сиденья.

Преимуществом первого варианта является возможность более надежной фиксации установки на рулевом колесе и тормозной педали, угол который образуется в результате установки, способствует надежному соединению и удобству прокачивания тормозной системы, но это может привести к деформации рулевого колеса, в случае если нагрузки превышают допустимые. Второй вариант, возникают сложности её фиксации за

водительское сиденье. На основании этого более приемлемым вариантом можно считать исполнение крепления установки за рулевое колесо.

Фиксация опорной трубы на рулевом колесе осуществляется с помощью захватов. Верхнее опорное крепление сделать неподвижным при помощи сварки.

Нижний фиксатор сделать подвижным относительно оси опорной трубы и для быстроты крепления закрепить при помощи гайки-барашек.

Пневмоцилиндр имеет задний сферический шарнир для обеспечения вращения и связан с опорной трубой при помощи кронштейна и закреплен гайкой-барашек для удобства.

На конце штока имеется резьба, для соединения со стержнем и трубкой.

Стержень и трубка имеют разные диаметры и могут перемещаться относительно друг друга, на них высверлить отверстия необходимые для их фиксации в определенном положении при помощи болтов и гаек.

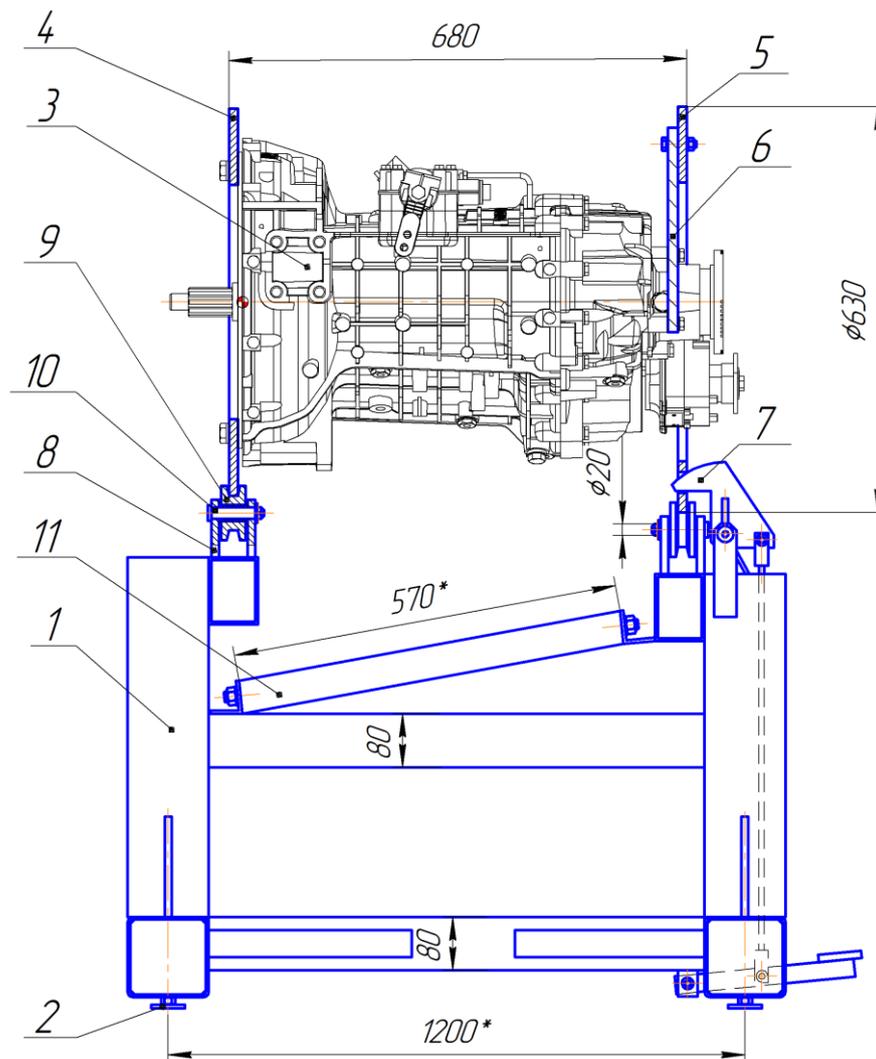
На конце трубка соединяется с педальной насадкой, которая навешивается на педаль тормоза. Педальная насадка имеет форму крюка и имеет две проушины для соединения. Она должна удобно и надежно насаживаться на тормозной педали.

Для обеспечения надежной и бесперебойной работы пневмосистемы, необходимо использовать регулятор давления со встроенным фильтром. Пневмоцилиндр двухстороннего действия (с демпфированием в обе стороны) с максимальным усилием 40 кг и ходом штока 200 мм.

Управление потоком воздуха производится с помощью пневмораспределителя с ручным управлением, находящегося непосредственно у слесаря выполняющего прокачку тормозной системы.

3.3 Устройство стенда

Общее конструктивное устройство стенда (рисунок 5)



1 – рама, 2 – регулируемая опора, 3 – КПП КамАЗ, 4 – диск, 5 – задний диск, 6 – кронштейн, 7 – фиксатор вращения, 8 – проушины, 9 – ролики, 10 – ось, 11 – поддон для сбора масла.

Рисунок 5 - Схема станда для ремонта КПП КамАЗ

«Предлагаемая конструкция станда состоит из рамы 1, выполненной из сваренных между собой стандартных трубных профилей стального проката, в нижней части рамы закреплены четыре регулируемые опоры 2, с возможностью поворота в трубах каркаса. Ремонтруемая КПП 3 предварительно устанавливается в дисках 4 и 5, при чем на диске 5 крепление КПП происходит через промежуточный фиксирующий кронштейн 6. В диске 5 выполнены отверстия, для рук оператора при вращении диска, как рулевого колеса, и для работы фиксатора 7. Устройство и работа

фиксатора описано в следующем разделе ПЗ. Оба диска устанавливаются на ролики 9 стенда, всего их четыре штуки на стенд. Ролики свободно вращаются на своих осях 10, установленных в проушинах 8 на раме 1 стенда.

Внизу рамы 1 – поддон 11 сбора отработанного масла с решеткой улавливания мелких деталей. В решетке, в углу, предусмотрено смотровое окно для контроля уровня масла.» [10]

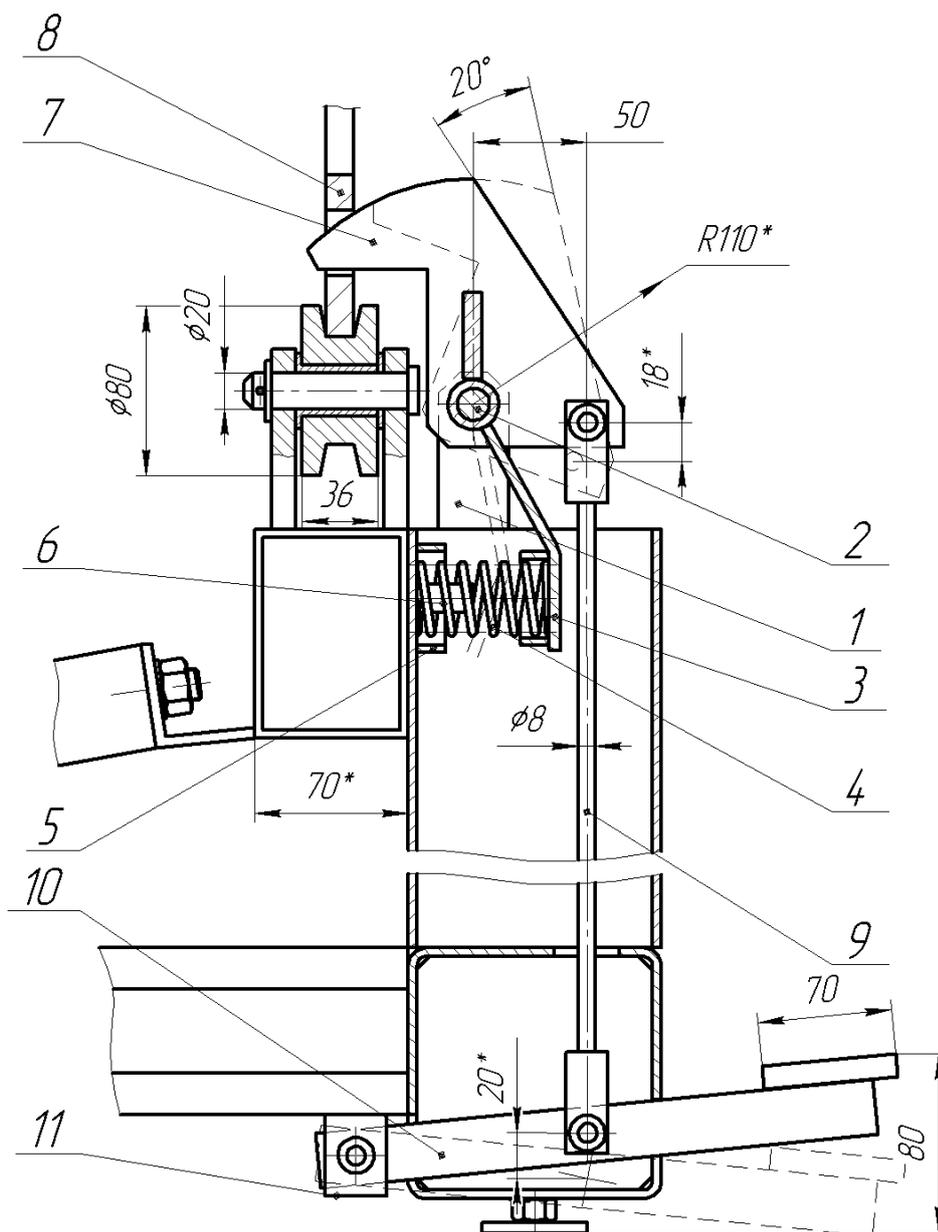
«Предварительно КПП или другой узел для ремонтных работ обязательно проходит чистку в моечной камере. КПП подводится к стенду закрепленный на грузовой тали или лебедке, в подвешенном состоянии устанавливаются диски 4 и 5, кронштейн 6. КПП крепится минимум на 3 болта к каждому диску.

Ремонтируемую коробку переключения передач подводят к стенду на грузоподъемном устройстве, оператор нажимает на рычаг фиксатора 7, отключая его, что позволяет повернуть КПП, ухватившись за диск 5 и поворачивая его. Вращением оператор добивается более удобного положения при закреплении редуктора на роликах 9. Также для удобства сделано совмещение осей поворота и оси КПП - для переноса центра тяжести агрегата в центр поворота - это приведет к уменьшению усилия оператора при повороте КПП.» [15]

«После монтажа КПП грузоподъемный механизм необходимо убрать из зоны работы оператора стенда. Оператор выполняет необходимые сборочно-разборочные и ремонтные работы, для обеспечения доступа к КПП со всех сторон вращается вручную диск 5. Возможный слив отработанного масла производить в бак 11 размещаемый в место течи в каркасе. После выполнения ремонтных работ КПП снимается в обратном указанном при монтаже порядке, талью переносится на специальную тележку.

В конце смены с поверхностей стенда и на полу убирается грязь и отходы, рабочие поверхности протираются маслянистой ветошью.» [16]

Система фиксации вращения моста (рисунок 6).



1 – проушины стенда, 2 – ось, 3 – прижим, 4 – пружина, 5 – кольцо, 6 – ось пружины, 7 – фиксатор, 8 – диск с КПП, 9 – тяга, 10 – педаль, 11 – проушины педали.

Рисунок 6 - Система фиксации вращения КПП

«Состоит из верхней и нижней частей, соединенных между собой тягой 9, выполненной из стального стержня с наваренным на концах вилками. Верхняя часть – в проушинах 1, приваренными на раме стенда, установлена ось 2. На оси свободно установлен фиксатор 7. В нижней части фиксатора приварен выступ 3, поджатый пружиной 4. Для удерживания пружины в горизонтальном состоянии, на прижиме и на корпусе стенда приварены кольца 4, а по центру пружины проходит ось 6, приваренная также к раме

стенда. Ключообразная часть фиксатора 7 входит в ответные прорези в диске 8, на которой закреплена КПП» [17]

«Нижняя часть системы состоит из проушин 11, приварных к раме стенда, в которых установлена ось и на ней педаль 10, Рычаг постоянно удерживается во включенном положении пружиной. Середина педали шарнирно связана с фиксатором 7 через тягу 9 пальцем

При работе на стенде фиксирующий механизм постоянно включен, диск 8 зажат, тяга 9 напряжена пружиной 4 и фиксатор 7 находится ключообразной частью в крайнем левом положении.

При необходимости повернуть КПП, оператор стенда нажимает и удерживает педаль 10 вниз, сжимая пружину 4, фиксатор 7 выходит из диска 8, отключая механизм фиксации, освобождая диск 8 для поворота на роликах стенда. При повороте оператор удерживает рычаг, это нужно для соблюдения техники безопасности.» [13]

«Теперь мост можно беспрепятственно вращать, вращение осуществляется за диск 8 обеими руками. После вращения оператор отпускает рычаг 10, если фиксатор сразу не попал в прорезь диска 8, проворачивает диск до щелчка. Механизм фиксирует диск при совпадении отверстия в диске с ключообразной частью фиксатора 7.» [18]

«Если смотреть на стенд спереди, сбоку и сверху, то конструкция стенда в основном симметрична.

Форма очертаний узлов и деталей проста и строга и имеет в большинстве своем повторение горизонтальных и вертикальных линий. Простая внешняя форма позволяет содержать стенд в чистоте и облегчает удаление грязи и пыли.

Окраска стенда должна производиться также в соответствии с эстетическими требованиями и требованиями безопасности. Все корпусные части стенда в светло-зеленый цвет, так как он является более естественным, действует успокаивающе и не вызывает возбуждения, не рассредоточивают

внимания человека и не влияет на производительность труда. Движущиеся части окрашиваются ярко-красной эмалью.» [24]

«В целом конструкция станда эргономична, т.к. обслуживание не сопряжено с большими неудобствами.

Ось моста легко доступна и находится на уровне согнутой в локте руки. Педаль, требующая не занимать рук оператора, расположена внизу, для нажатия ногами. Для вращения КПП предусмотрены безопасные прорези в диске, расположенные по кругу на большом радиусе, удобным для приложения усилия оператором.» [15]

3.4 Расчет конструкции станда

Определение крутящих моментов:

«При определении крутящих моментов задаемся весом КПП КамАЗ (по паспортным данным – 380 кг), при повороте его оператором за диск. Таким образом, момент необходимый для проворачивания КПП вокруг своей оси, будет равен произведению массы КПП на расстояние от точки тяжести КПП до центра вращения её на станде. Учитывая, что ролики расположены таким образом, что центр тяжести в любом случае оказывается между роликами:

$$M_{кр} = m_p \cdot l \cdot k, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (17)$$

где $m = 380 \text{ кг} = 3800 \text{ Н}$ – вес КПП, (по паспортным данным),

$l = 4$ – число роликов станда (см СБ)

$k = 1 - 0,09 = 0,01$ – потери на трение при вращении моста в подшипниках скольжения (сталь-сталь).» [5]

Тогда:

$$M_{кр} = 3800 \cdot 4 \cdot 0,01 = 152,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

«Поскольку на станде применен ручной привод, необходимо определить усилие прилагаемое оператором для проворачивания КПП на

стенде – по результатам расчета возможно необходим подбор промежуточного редуктора.

Усилие определяется исходя из выражения:

$$[F] \geq F = \frac{M_{кр}}{l_{оп}}, \text{ Н}, \quad (18)$$

где $[F] = 15 \text{ кг} = 150 \text{ Н}$ – усилие руки человека,

$l_{оп} = 500 \text{ мм} = 0,5 \text{ м}$ – плечо усилия оператора [см. СБ], учитывая, что оператор задействует 2 руки – принимаем $l_{оп} = 1 \text{ м}$,

$M_{кр}$ – момент, необходимый для поворота моста (см ранее).

Тогда:

$$F = \frac{152,4}{1} = 152,4 \text{ Н}.$$

Проверка условия: $150 \approx 152,4$.

Вывод: в стенде нет необходимости применять промежуточный редуктор.» [7]

Подбор и определение числа зубьев z_1 ведущей звездочки.

$z_1 = 20$ – для передаточного числа передачи, $i = 5$.

Подбор и определение числа зубьев z_2 ведомой звездочки.

$$z_2 = z_1 \cdot i = 20 \cdot 5 = 100.$$

Определение шага цепи.

$$t = \frac{4760}{\sqrt[3]{n_1^2 \cdot z_1}} = \frac{4760}{\sqrt[3]{355^2 \cdot 20}} = 34,97 \text{ мм},$$

где: $n_1 = 355 \text{ (мин}^{-1}\text{)}$ – частота вращения частота вращения меньшей ведущей звездочки.

Полученное значение округляют по ближайшему значению ГОСТа

$$t = 31,75 \text{ мм}$$

Скорость движения цепи.

$$v = \frac{z_1 \cdot t \cdot n_1}{1000 \cdot 60} = \frac{20 \cdot 31,75 \cdot 355}{1000 \cdot 60} = 3,75 \text{ м/сек.}$$

Полученное значение сравнивают v с v_{\max} , полученной по формуле:

$$v_{\max} = 7,3 \sqrt{\frac{z_1}{t}} = 7,3 \sqrt{\frac{20}{31,75}} = 5,79 \text{ м/сек},$$

$v \leq v_{\max}$, $3,75 \leq 5,79$, условие ограничения эффекта удара выполнено.

Определение общего усилия натяжения цепи.

$$P_{об} = P + P_{Ц} + P_f, \text{ кг}, \quad (19)$$

где: $P = \frac{75 \cdot N}{v} = \frac{75 \cdot 2,2}{3,75} = 44$ кг – полезная нагрузка (окружное

усилие).

$P_f = \kappa_f \cdot q \cdot l = 2,5 \cdot 3,49 \cdot 0,3 = 2,617$ – натяжение от провисания цепи.

где: $\kappa_f = 2,5$ – коэффициент провисания,

$q = 3,49$ кг – вес одного погонного метра цепи,

$l = 0,3$ м – расстояние между осями звездочек цепи, задается.

$P_{Ц}$ не учитывается, так как скорость передвижения цепи в нашем случае меньше 5 м/с.

Тогда:

$$P_{об} = 44 + 2,617 = 46,617 \text{ кг}.$$

Проверка износостойкости цепи, полезная наибольшая нагрузка, допускаемая износостойкостью её шарниров,

$$P_{изн} = \frac{[p] \cdot A}{\kappa_3}, \text{ кг}, \quad (20)$$

где: $[p] = 2,49$ – допускаемое удельное давление шарнире звена цепи. Характеристика втулочно-роликовой цепи рассчитаем по формуле 19.

$$A = d_2 \cdot l_{em}, \text{ мм}^2, \quad (21)$$

где: $d_2 = 9$ – диаметр ролика,

Длина втулки рассчитывается по формуле:

$$l_{em} = c_g + 2 \cdot s, \text{ мм} \quad (22)$$

где: $c_g = 20$ – расстояние между внутренними пластинами,

$s = 4$ мм – толщина пластины.

$$l_{em} = 20 + 2 \cdot 4 = 28 \text{ мм},$$

$$A = 9 \cdot 28 = 252 \text{ мм}^2,$$

$\kappa_3 = 1$ – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации цепи,

$$P_{изн} = \frac{2,49 \cdot 252}{1,0} = 627,48 \text{ кг}.$$

Условие износостойкости:

$$P_{изн} \geq P_{об}, \quad 627,48 \geq 46,617.$$

Условие выполняется.

Запас прочности по разрушающей нагрузке.

$$\kappa = \frac{Q}{P_{об}}, \quad (23)$$

где: $Q = 4300$ кг – предельная нагрузка при разрыве,

$P_{об} = 46,617$ кг – общее усилие натяжения цепи.

$$\kappa = \frac{4300}{46,617} = 92,24.$$

Определение нагрузки на валы.

$$S_B = \kappa_B \cdot P, \text{ кг} \quad (24)$$

где: $\kappa_B = 1,15$ – коэффициент нагрузки вала,

$P = 44$ кг – полезная нагрузка (окружное усилие).

$$S_B = 1,15 \cdot 44 = 50,6 \text{ кг}.$$

«Опасные сечения определяются по эпюрам и выбранной конструкцией оси, поскольку рассчитываемый вал является частью поворотной опоры, представляющего собой цельный двухопорный вал.

Определение величин действующих сил (рисунок 7).» [2]

«Сила G – нагрузка на вал от веса ремонтируемой КПП, численно равна:

$$G = 380 \text{ кг (по паспортным данным).}$$

Учитывая, что на стенде установлено 4 ролика, принимается действующая нагрузка $G = 380 / 4 = 95 \text{ кг}$ » [4]

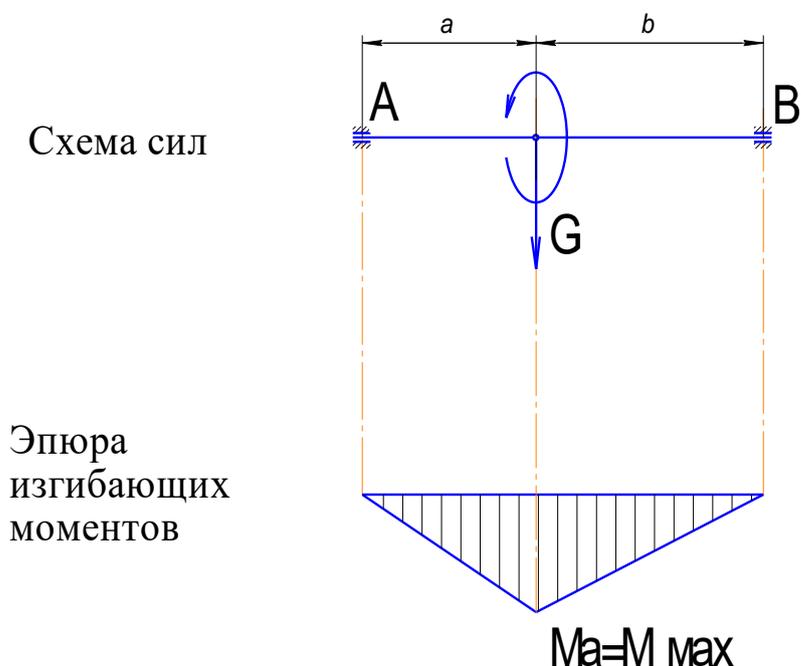


Рисунок 7 - Эпюра изгибающих моментов оси ролика

«По построенным эпюрам находим величины изгибающих моментов. Изгибающий момент от силы тяжести груза G найдем по формуле:

$$M_G = G \cdot a, \text{ кгм,} \quad (25)$$

где: $G = 95 \text{ кг}$

$a = \frac{27}{54}$ – коэффициент удаленности крутящего момента от опоры» [7]

$$M_G = 95 \cdot \frac{27}{54} = 47,5 \text{ кгм.}$$

«Далее можно определять геометрические размеры вала.

Определение опасных сечений вала.

Сечения в центре тяжести редуктора G является концентратором максимальных изгибающих и крутящих моментов согласно построенным ранее эпюрам.

Требуется определить диаметры вала в самом опасном месте, согласно эпюре по рисунку 37 – в середине по длине.» [2]

« Определение диаметра оси.

Диаметр оси в опасном сечении определяется по формуле:

$$d = 3 \sqrt[3]{\frac{M_{\text{эKB}}}{0,1[\sigma_{-1}]_u}}, \quad (26)$$

где $[\sigma_{-1}]$ – допускаемое напряжение на изгиб,

$[\sigma_{-1}] = 200 \dots 300 \text{ кгсм}^2$ (3, стр.191) – для стали марки Ст3;

$M_{\text{эKB}}$ – эквивалентный или приведённый момент, определяемый при использовании теории прочности удельной потенциальной энергии изменения формы из выражения:

$$M_{\text{эKB}} = \sqrt{M_u^2 + 0,75 \cdot M_K^2}, \quad (27)$$

где M_H – суммарный изгибающий момент в опасном сечении,

$M_H = 47,5 \text{ кгм} = 475 \text{ кгсм}$ (см. пред.п.ПЗ)

M_K – крутящий момент, передаваемый валом,

$M_K = 0 \text{ кгсм}$ (ролик опорный, и не передает крутящего момента)» [12]

$$M_{\text{эKB}} = \sqrt{475^2 + 0,75 \cdot 0^2} = 475 \text{ кгсм.}$$

$$d = 3 \sqrt[3]{\frac{475}{0,1 \cdot 300}} = 1,85 \text{ см.}$$

«Учитывая, что ранее в этом сечении диаметр вала конструктивно был принят равным 20 мм, перерасчет можно не делать.

По результатам расчета получили максимальный диаметр вала в поворотной опоре $d = 20$ мм.» [2]

Расчет устойчивости стоек каркаса

Вертикальные стойки испытывает изгиб продольной оси от действия момента $M_{кр}$ (рисунок 8), образованного смещенной силой тяжести КПП.

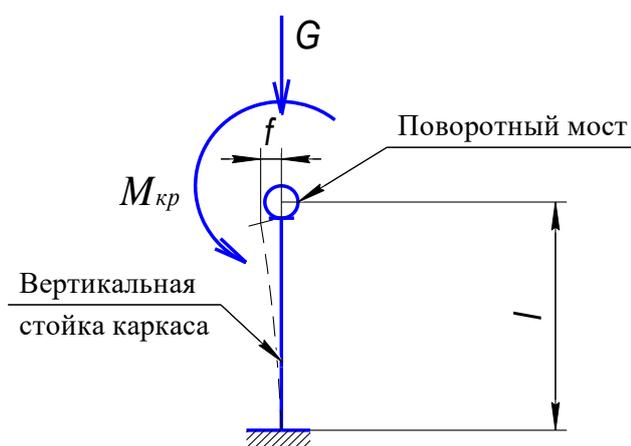


Рисунок 8 - Схема сил на стойке каркаса

«Устойчивость вала определяется максимальным прогибом f . Для расчета устойчивости вал должен соответствовать условию:

$$f < [f], \quad (28)$$

где $f = \frac{M_{кр} \cdot l^2}{2 \cdot E \cdot J_x}$ - значение максимального прогиба, мм

$M_{кр} = M_G = 47,5$ кгм – максимальный момент изгиба поворотного моста от действия силы тяжести G редуктора (см. пред. п. ПЗ),

$l = 1,145$ м – полная длина стойки,

$E = 1,92 \cdot 10^5$ МПа – модуль продольной упругости материала вала из стали марки Ст3» [2]

$$J_x = \frac{a \cdot b^3 - a_1 \cdot b_1^3}{12} \text{ м.} \quad (29)$$

«Осевой момент инерции поперечного сечения стойки как трубы прямоугольного сечения 60x40 стенка 3,0, где $a = 60$ мм = 0,06 м – наружная длина сечения.» [2]

$b = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$ – наружная ширина сечения

$a_l = 54 \text{ мм} = 0,054 \text{ м}$ – внутренняя длина сечения,

$b_l = 34 \text{ мм} = 0,034 \text{ м}$ – внутренняя ширина сечения,

$$J_x = \frac{0,06 \cdot 0,04^3 - 0,054 \cdot 0,034^3}{12} = 0,000000143132 = 1,43 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4$$

$$f = \frac{29,92 \cdot 1,145^2}{2 \cdot 1,92 \cdot 10^5 \cdot 1,43 \cdot 10^{-7}} = 7,14 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,714 \text{ мм}$$

$$[f] = \frac{1}{200} = \frac{1,145}{200} = 5,725 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 5,725 \text{ мм}$$

5,725 мм – это допустимый прогиб стойки, т.к. условие устойчивости принимает вид:

$$0,714 < 5,725.$$

Условие выполняется, следовательно, стойка является устойчивой.

Вывод: в разделе на основе выбранного аналога разработана конструкция стенда для разборочно-сборочных работ по коробке передач автомобилей КАМАЗ. Представлены технические характеристики стенда, рассмотрено техническое предложение, рассмотрены требования к установке и разработан на основе аналога стенд. Проведены основные расчеты. Разработанный стенд полностью отвечает всем требованиям технического задания.

4 Технологический процесс разборки коробки передач автомобиля КАМАЗ

«Все узлы и детали коробки передач при движении автомобиля испытывают значительную постоянную нагрузку. Нагрузка воспринимается в основном валами коробки передач и подшипниками. При работе в зацеплении также знакопеременным нагрузкам подвергаются зубья шестерен, что приводит к их разрушению. При больших величинах крутящего момента и при наличии проскальзывания в зоне контакта зубьев, возникает износ трения, а при более значительных нагрузках – выкрашивание металла. Кроме вышеперечисленных нагрузок, следует добавить дополнительные неблагоприятные моменты, сопутствующие зимней эксплуатации, когда наблюдается дефицит смазки в зонах трения ввиду загустевания масла в коробке передач, что снижает его антифрикционные свойства.» [14]

Установка предназначена для использования в производственных помещениях, допускается применение установки в заданном температурном диапазоне $(-20...+80)^{\circ}\text{C}$, поскольку усилие при работе пневмоцилиндра связано с плотностью воздуха, которое зависит от температуры.

Сборка установки.

Необходимый инструмент: набор гаечных ключей, плоскогубцы, съемник стопорных колец.

Произведите комплектацию установки:

- возьмите опорную трубу уже с наваренным верхним фиксатором и вставьте в него нижний фиксатор, нижний фиксатор расположите в том же направлении что и верхний, предварительно подняв его на высоту примерно 200 мм от края опорной трубы и закрепить вручную с помощью болта М8х25 и гайки-барашек, непосредственно вставив гроверные шайбы;

- далее с той же стороны опорной трубы вставьте кронштейн крепления пневмоцилиндра на высоту примерно 50 мм от края, затем крепите вручную с помощью болта М8х25 и гайки-барашек с гроверной шайбой.

Силовое устройство:

- вставьте стержень и трубку так, чтобы отверстия совпадали между собой и закрепите их одним болтом М6х30 с помощью гайки;

- конец стержня в сборе соедините со штоком пневмоцилиндра имеющим соединитель с резьбой М10, накрутив его на резьбовую часть штока.

- конец трубки соедините с педальной насадкой с помощью осевого пальца и стопорных колец;

- укомплектованную опорную трубу и пневмоцилиндр соедините вместе через кронштейн и сферический шарнир пневмоцилиндра с помощью осевого пальца и стопорных колец;

- затем соедините пневмотрубки, ведущие от источника сжатого воздуха к самой установке, учитывая последовательность их соединения, фильтра-регулятора и пневмораспределителя.

Операции выполняемые перед использованием установки

Перед использованием установки следует провести его осмотр. Убедиться, что в зоне подвижных частей установки отсутствуют посторонние предметы, крепление частей произведено должным образом.

Перед началом работ по замене КПП, убедитесь в правильности соединения и установки всех элементов установки.

Установка на автомобиль:

- установите автомобиль на подъемник или на смотровую канаву;

- откройте капот, возьмите доливной бочек в сборе с соединительным шлангом и крышкой крепления, доливной бочек должен быть заправлен тормозной жидкостью, сперва открутите крышку с тормозного бочка автомобиля, затем закрепите на тормозной бочек

конец шланга доливочного бочка с помощью специальной крышки, затем подвесьте доливочный бочек с тормозной жидкостью за капот автомобиля, так чтобы жидкость стекала вниз;

- берется установка и устанавливается в салоне автомобиля, необходимо немного ослабив крепление нижнего фиксатора, подогнать его по размеру рулевого колеса и зафиксировать вручную, произвести предварительно подгонку установки по отношению к тормозной педали изменяя длину телескопической трубки, после подгонки, установить на тормозную педаль через насадку, пневмотрубки вынесите наружу через окно автомобиля или же через открытую дверь;
- после, производится подъем автомобиля на подъемнике (в случае подъемника);
- управление процессом осуществляется пневмораспределителем, находящийся у диагноста;
- переключая пневмораспределитель, шток пневмоцилиндра осуществляет возвратно-поступательные движения.

Замена тормозной жидкости:

- перед началом процесса очистки, убедитесь в том что тормозной бочек не соединен с доливным бочком;
- отверните штуцер тормозной системы одного колеса и подставьте емкость для отработанной жидкости, начните процесс очистки, управляя процессом с помощью пневмораспределителя, пневмоцилиндр совершает возвратно-поступательные движения, тем самым выкачивает отработанную жидкость из системы;
- процесс повторить для каждого колеса.

Процесс прокачки:

- убедитесь в том, что тормозной бочек соединен с доливным бочком.
- приступите к прокачке тормозной системы, создав давление в тормозной системе, оставьте рычажок пневмораспределителя в нажатом состоянии, так чтобы шток давил на педаль тормоза, затем

слегка откручивая штуцер на тормозном механизме выпустите воздух из системы, затем снова затяните и начните процесс заново;

- процесс прокачки повторяется до тех пор пока из системы не выдет весь воздух.

Диагностика тормозной системы:

- автомобиль загоняется на тормозной стенд и надежно фиксируется;

- установка закреплена и готова к работе, пневмораспределитель со шлангами требуется вывести через открытое окно автомобиля;

- с помощью регулятора давления производится изменения давления воздуха в системе, тем самым подбирая необходимое усилие нажатия на педаль;

- в процессе когда начинается вращение роликов тормозного стенда и устанавливается скорость вращения, диагност управляя пневмораспределителем, совершает процесс торможения;

- датчики в данный момент фиксируют значения замедления и тормозного усилия на колесах, далее полученные данные сверяются с нормативными.

Снятие установки с автомобиля:

- после завершения все работ, опустите автомобиль (в случае подъемника);

- снимите доливочный бочек, открутите крышку с тормозного бочка и заверните на место крышку тормозного бочка.

- снятие установки осуществляется, ослабив гайку-барашек на нижнем фиксаторе, затем установка снимается с рулевого колеса и тормозной педали.

Вывод: в разделе рассмотрен технологический процесс разборки коробки передач автомобиля КАМАЗ, подробно рассмотрены все этапы.

5 Безопасность и экологичность технического объекта

«В целях охраны труда ТК РФ возлагает на администрацию предприятия, во-первых, проведение инструктажа рабочих и служащих по технике безопасности, производственной санитарии, противопожарной охране и другим правилам охраны труда, во-вторых, организацию работы по профессиональному отбору и, в-третьих, осуществление постоянного контроля над соблюдением работниками всех требований инструкций по охране труда.» [5]

«Инструктаж по характеру и времени проведения подразделяется на вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и текущий.

Вводный инструктаж проводит инженер по охране труда или лицо, на которое возложены его обязанности, со всеми поступающими на работу независимо от их образования и стажа работы, а также с командированными, учащимися и студентами, прибывшими на производственное обучение или практику. Программа инструктажа разрабатывается с учетом требований стандартов и особенностей производства. Она должна быть утверждена руководителем предприятия. О проведении вводного инструктажа и проверке знаний делается запись в специальном журнале (личной карточке инструктажа) с обязательными подписями инструктирующего и инструктируемого.» [20]

«Первичный инструктаж на рабочем месте проводит индивидуально непосредственный руководитель работ со всеми рабочими, командированными, учащимися и студентами, впервые приступающими к данному виду работы, а также со строителями, выполняющими строительно-монтажные работы на территории действующего предприятия. Основой инструктажа являются инструкции, разработанные для отдельных профессий или видов работ с учетом требований стандартов. После инструктажа и проверки знаний рабочие в течение 2...5 смен (в специальных случаях и больше) выполняют работу под наблюдением мастера или бригадира, после

чего оформляется допуск их к самостоятельной работе, делается запись в специальном журнале (личной карточке инструктажа) с обязательной подписью инструктирующего.

Повторный инструктаж проводят со всеми работниками, проходящими первичный инструктаж, с целью проверки и повышения уровня их знаний по охране труда. Его проводят систематически через определенный промежуток времени, но не реже чем через шесть месяцев.» [10]

«Необходимость во внеплановом инструктаже возникает при изменении правил по охране труда, при разного рода изменениях в обслуживаемых объектах, при нарушении работниками инструкций по охране труда, после травмы, аварии, взрыва или пожара, перед началом работы после длительного перерыва (30 или 60 календарных дней в зависимости от степени опасности выполняемой работы).

Текущий инструктаж проводят с работниками перед выполнением работ, на которые должен оформляться наряд-допуск. О проведении такого инструктажа должна быть сделана запись в наряде-допуске.

Коллективные средства защиты – создание наиболее благоприятных для организма человека соотношений с окружающей внешней средой и обеспечение оптимальных условий для трудовой деятельности (глушители шума, использование местной вентиляции). Учет индивидуальных особенностей оборудования, инструмента, приспособлений или технологических процессов (отдельный фундамент для каждого станда, виброгасители, заземление, двойная изоляция, защитное отключение). Надежность, прочность, удобство обслуживания машин и механизмов, учет рекомендаций технической эстетики.» [8]

Меры безопасности

Приступать к работе с установкой разрешается только при соблюдении всех ниже перечисленных условий:

- установка зафиксирована должным образом;

- использование установки только на легковых автомобилях с гидравлической системой торможения;
- поле действия установки нет посторонних предметов.
- запрещается использование установки не по назначению.

К работе на стенде допускаются слесари авторемонтники 3 разряда.

При кратковременном хранении установки его разборка не производится. В случае необходимости продолжительного хранения установки, отсоедините все шланги и накройте все узлы, которые могут пострадать от попадания пыли. Смажьте консистентной смазкой все узлы, которые могут пострадать от влаги.

«В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика технологических процессов в агрегатно-моторном отделении, перечислены технологические операции, должности работников, производственно-техническое и инженерно-техническое оборудование.

Проведена идентификация профессиональных рисков по осуществляемому технологическому процессу, выполняемым технологическим операциям, видам производимых работ. В качестве опасных и вредных производственных факторов идентифицированы следующие: движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования; перенапряжение зрительных анализаторов; недостаточный уровень освещенности на рабочем месте; эмоциональные перегрузки. Разработан комплекс организационно-технических мероприятий для снижения профессиональных рисков. Подобраны средства индивидуальной и коллективной защиты для работников.

Разработаны мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного подразделения. Проведена идентификация класса пожара и опасных факторов пожара и разработка средств, методов и мер обеспечения пожарной безопасности. Разработаны средства, методы и меры обеспечения пожарной безопасности. Разработаны мероприятия по

обеспечению пожарной безопасности в отделении.

Проведена идентификация экологических факторов и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.» [10]

Вывод: в разделе представлены основные меры по безопасности технологической и экологической. Представлены меры по обеспечению персонала, работающего на установке требований охраны труда. Рассмотрены основные риски и представлены меры по их устранению. Описаны требования к помещению, где будет находиться установка для обеспечения технологической безопасности. Рассчитан необходимый уровень вентиляции для влажных помещений. Проведены мероприятия по устранению пожарной безопасности установки. Рассмотрено воздействие установки на окружающую среду и представлены ряд мер по устранению воздействия. В разделе проведен анализ профессиональных рисков, воздействующих на слесаря по ремонту ТО и Р, представлены мероприятия по снижению рисков, выполненные на основе действующих нормативных документов, проведен анализ пожарной и экологической безопасности объекта.

Заключение

Целью бакалаврской работы было проектирование стенда для разборочно-сборочных работ по коробке передач автомобилей КАМАЗ .

Для реализации цели были решены задачи:

В первом разделе проанализировано автотранспортное предприятие, углубленно проанализирован участок агрегатно-моторного отделения, выявлено необходимое оборудование для участка, рассчитано необходимое количество персонала, рассчитана необходимая площадь. Проведен расчет требований к помещению, таких как вентиляция, воздухообмен, освещение, рассмотрены основные объемно-планировочные решения.

Во втором разделе рассмотрены имеющиеся в продаже кантователи для двигателей и коробок передач, проведена сравнительная оценка совокупности их характеристик методом построения циклограмм. Подобрано наиболее подходящее для условий предприятия технологическое оборудование из стендов имеющих наилучшие характеристики.

В третьем разделе на основе аналогов спроектировано собственное оборудование – кантователь для разборки-сборки коробок передач, выполнены сборочные чертежи конструкции, проведены расчеты элементов его конструкции.

В четвертом разделе разработана последовательность проведения технологического процесса разборки КП КАМАЗ при помощи спроектированного технологического оборудования, на основании которой составлена подробная технологическая карта.

В пятом разделе представлены основные меры по безопасности технологической и экологической. Представлены меры по обеспечению персонала, работающего на установке требований охраны труда. Рассмотрены основные риски и представлены меры по их устранению. Рассмотрено воздействие установки на окружающую среду и представлены ряд мер по устранению воздействия.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Автомобили КамАЗ : эксплуатация и техническое обслуживание автомобилей КамАЗ-5320, КамАЗ-53212, КамАЗ-5410, КамАЗ-54112, КамАЗ-5511 [Текст]/ сост. Р. А. Мартынова [и др.] ; под общ. ред. Л. Р. Пергамента. - Москва : Недра, 1981. - 424 с. : ил.
2. Автомобили КаМАЗ типа бх4: руководство по эксплуатации 5320-3902004 РЭ и сервисная книжка [Текст]/ АО КаМАЗ. - Москва : Машиностроение, 1991. - 431 с. : ил.
3. Автомобильный рынок России - 2009 = Russian Car Market-2009 : Статистика и аналитика : производство, продажи, парк : [информ.-аналитическое изд.] [Текст]/ аналит. агентство "Автостат" ; [авт. коллектив С. Целиков и др.]. - Москва : Семь верст, 2009. - 211 с. - Прил.: с. 193-209. - 25000-00.
4. Автомобильный справочник [Текст] / Б. С. Васильев [и др.] ; под общ. ред. В. М. Приходько. - Москва : Машиностроение, 2004. - 704 с. : ил. - Библиогр.: с. 696. - Прил.: с. 483-695.
5. Болбас М.М. Проектирование предприятий автомобильного транспорта [Текст] / Под ред. М.М. Болбаса. - М. : Адукациявыхаванне, 2004. – 596 с.;
6. Горина Л.Н. Инженерные расчеты уровней опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах : учеб. пособие [Текст]/ Л. Н. Горина, В. Е. Ульянова, М. И. Фесина ; ТГУ ; каф. управления промышленной и экологической безопасностью. - Гриф УМО. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 134 с. : ил. - Библиогр.: с. 134. - 25-80.
7. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта» : учебно-методическое пособие[Текст] / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; каф. управления промышленной и экологической безопасностью. - Тольятти : ТГУ, 2016. - 22 с.

8. Грузовики : спецвыпуск "За рулем". № 2 (15) 2008. [Текст] - Москва : За рулем, 2008. - 257 с. : ил. - 117-27.
9. Епишкин В.Е. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство») [Текст] / В.Е. Епишкин, И.В. Турбин. - Тольятти : ТГУ, 2016. – 130 с.
10. Живоглядов Н. И. Основы расчета, проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1 [Текст]/ Н. И. Живоглядов. - Тольятти : ТГУ, 2002. - 145 с. : ил.
11. Каталог деталей и сборочных единиц автомобилей КаМАЗ-4310 и КаМАЗ-43105. [Текст] - Москва : Машиностроение, 1994. - 414 с. : ил.
12. Краткий автомобильный справочник. Т. 2. Грузовые автомобили [Текст] / Б. В. Кисуленко [и др.] ; под общ. ред. А. П. Насонова. - Москва : Автополис-Плюс, 2006. - 670 с.
13. Кудинова Г.Э. Методические указания к выполнению экономического раздела дипломного проекта для студентов специальности 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство» и по направлению 190500 «Эксплуатация транспортных средств» (профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство») [Текст] - Тольятти: ТГУ, 2011.-25 с.
14. Масуев М.А. Проектирование предприятий автомобильного транспорта [Текст] / М. А. Масуев ; - М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 224 с.;
15. Межотраслевые правила по охране труда на автомобильном транспорте : ПОТ Р М-027-2003 : правила введ. в действие с 30 июня 2003 г. [Текст] - Москва : НЦ ЭНАС, 2004. - 164 с. - Прил.: с. 139-160. - ISBN 5-93196-373-1 : 116-18.
16. Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта : учеб. пособие для вузов [Текст]/ ТГУ ; сост. Л. Н. Горина. - Тольятти : ТГУ, 2003. - 139 с. : ил. - Библиогр.: с. 137.

17. Петин Ю.П., Мураткин Г.В., Андреева Е.Е. Технологическое проектирование предприятий автомобильного транспорта [Текст] / Ю. П. Петин, Г. В. Мураткин, Е. Е. Андреева ; Учебное пособие для студентов вузов. – М. : Тольятти: ТГУ, 2013. – 136 с.;

18. Петин Ю.П., Соломатин Н.С. Технологический расчет предприятий автомобильного транспорта. [Текст] / Ю. П. Петин, Н. С. Соломатин ; Метод. указания. - М. : Тольятти,ТолПИ, 1993. – 62 с.;

19. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста : учеб.-метод. пособие [Текст]/ А. Г. Егоров [и др.] ; ТГУ ; Архитектурно-строительный ин-т ; каф. "Дизайн и инженерная графика". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2013. - 98 с. .:

20. Типовые нормы времени на ремонт грузовых автомобилей марок ГАЗ, ЗИЛ, КАЗ, МАЗ, КамАЗ, КраЗ в условиях автотранспортных предприятий [Текст]/ Гос. комитет СССР по труду и социальным вопросам. - Москва : Экономика, 1989. - 299 с.

21. Титунин Б. А. Ремонт автомобилей КаМАЗ : учеб. пособие для ПТУ [Текст] / Б. А. Титунин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Агропромиздат, 1991. - 320 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для кадров массовых профессий).

22. УМКД "Основы производственной безопасности" [Электронный ресурс]: спец. 280102 "Безопасность технологических процессов и производств" / ТГУ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 100-00.

23. Устройство и эксплуатация автомобиля КАМАЗ 4310 : [учеб. пособие] [Текст]/ В. В. Осыко [и др.]. - Москва : Патриот, 1991. - 351 с.: ил. - Библиогр.: с. 350. - Прил.: с. 341-349.

24. Чумаков Л.Л. Методические указания к выполнению экономического раздела ВКР для студентов по направлению 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»[Текст] Л.Л. Чумаков. - Тольятти: ТГУ, 2016.-35 с