

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 «Разработка установки для снятия КП грузовых автомобилей»

Обучающийся

А.А. Сулин

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Е. Епишкин

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

Консультант

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2025

Аннотация

Тема бакалаврской работы: «Разработка установки для снятия КП грузовых автомобилей».

В первом разделе выполнен технологический расчет автотранспортного предприятия, рассчитанного на 400 автомобилей модели КамАЗ-65111.

Второй раздел содержит результаты поиска аналога по устройствам для демонтажа коробки передач грузовых автомобилей, включая производственные разработки и существующие патенты.

Третий раздел посвящен разработке конструкции установки для снятия КП, представлено техническое задание, техническое предложение на проектирование установки и произведены расчеты усилий перемещения подъемника, прочностной расчет оси колеса и расчет рамы подъемника на изгиб.

В четвертом разделе описан технологический процесс демонтажа сцепления на автомобиле КамАЗ-65115. В разделе представлена технологическая карта.

Пятый раздел включает анализ безопасности труда при снятии коробки передач, а также предложения по оптимизации рабочих условий.

Содержание

Введение.....	4
1 Технологический расчет АТП на 400 автомобилей КамАЗ-65111	6
1.1 Технико-экономическое обоснование	6
1.2 Технологический расчёт предприятия.....	8
2 Поиск аналогов.....	20
2.1 Особенности конструкции и описание принципа действия технологического оборудования	20
2.2 Поиск технологического оборудования под требования автосервиса	28
2.3 Экспертный анализ оборудования	31
3 Разработка конструкции	35
3.1 Техническое задание на разработку канавного подъемника для снятия КП автомобилей КамАЗ.....	35
3.2 Техническое предложение	38
3.3 Расчет конструкции тележки	44
3.4 Паспорт на канавный подъемник для снятия коробки передач автомобиля КамАЗ-65115.....	49
4 Технологический процесс снятия КП автомобиля КамАЗ	53
4.1 Назначение и требования	53
4.2 Характерные неисправности.....	54
4.3 Технологический процесс снятия КП автомобиля КамАЗ	55
5 Безопасность и экологичность объекта	59
Заключение	66
Список используемых источников	68

Введение

Актуальность разработки специализированного оборудования для снятия коробок передач с грузовых автомобилей обусловлена значительным ростом парка коммерческого транспорта, увеличением интенсивности его эксплуатации и ужесточением требований к срокам и качеству сервисного обслуживания. В условиях, когда время простоя грузовика в ремонте напрямую влияет на экономические показатели транспортных компаний, создание эффективных технических решений для демонтажа тяжелых агрегатов становится стратегически важной задачей. Особую значимость приобретает разработка оборудования, позволяющего сократить трудоемкость операций, минимизировать риски повреждения компонентов и обеспечить безопасность персонала при работе с массивными узлами весом 300-600 кг. Внедрение таких решений особенно востребовано в крупных сервисных центрах и автопарках, где массовое обслуживание грузовой техники требует оптимизации технологических процессов и снижения эксплуатационных затрат.

При этом существующие универсальные методы демонтажа с использованием подручных средств существенно увеличивают временные затраты и не обеспечивают необходимой точности позиционирования агрегатов, что зачастую приводит к повреждению сопрягаемых узлов и дополнительным ремонтным затратам. Разработка специализированных стендов для демонтажа коробок передач позволит стандартизировать процесс обслуживания, сократить количество технологических операций и в конечном итоге повысить рентабельность сервисных предприятий за счет уменьшения времени простоя транспортных средств.

Целью работы является разработка установки для снятия КП грузовых автомобилей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести технологический расчет АТП;

- определить основные технические требования к разрабатываемой установке;
- разработать конструкцию и принципиальную схему установки;
- оценить безопасность предложенного решения.

Объектом исследования является процесс ТО и ТР КП грузовых автомобилей, а предметом исследования – технические средства для его реализации.

Методы исследования включают теоретический анализ, математическое моделирование, экспериментальные измерения и компьютерную обработку данных.

Практическая значимость работы заключается в создании установки, которая может быть использована в автосервисах, транспортных компаниях и научных организациях для диагностики и повышения энергоэффективности грузового транспорта.

Работа состоит из введения, нескольких глав, заключения, списка литературы и приложений. Таким образом, разработка установки для снятия КПД грузовых автомобилей представляет собой актуальную инженерную задачу, решение которой позволит усовершенствовать методы диагностики и повысить эксплуатационные характеристики транспортных средств.

1 Технологический расчет АТП на 400 автомобилей КамАЗ-65111

Тема бакалаврской работы «Разработка установки для снятия КП грузовых автомобилей». Произведем технологический расчет АТП на 400 автомобилей КамАЗ-65111.

1.1 Технико-экономическое обоснование

В Самарской области автомобильный транспорт занимает ключевое место в сфере транспортных услуг, практически монополизируя как местные, так и междугородние перевозки. Особенно перспективным направлением считается грузоперевозки, обеспечивающие нужды строительных компаний и доставку различных комплектующих. Однако существующие автопредприятия не справляются с полным объемом работ, что ведет к завышенным тарифам на транспортные услуги» [7]. Очевидно, что региону требуется новое грузовое АТП, способное обеспечивать строящиеся объекты, не перегружая рынок транспортных услуг. Критерием для определения типа грузового автотранспортного предприятия и необходимого количества автомобилей следует считать планируемый годовой объем грузоперевозок, требуемый для реализации строительных проектов согласно Генеральному плану [28]. Анализ транспортных показателей Самарской области показывает, что: средняя дистанция перевозок составляет 150-250 км, что соответствует расположению основных строительных объектов; техническая скорость движения - 50-60 км/ч; эксплуатационная скорость поддерживается на оптимальном уровне 60-80 км/ч. [36]. С учетом критической дальности перевозок и специфики эксплуатационных условий, оптимальным выбором представляются грузовые автомобили модели «КамАЗ-65117». «Для выполнения годового объема грузовых перевозок проектируемого АТП, определим необходимое число автомобилей. Число автомобилей определяется по формуле» [11]:

$$A_{\text{экс}} = Q_{\text{год}} / W_{\text{qr}}, \quad (1)$$

где « $A_{\text{экс}}$ – число автомобилей в эксплуатации;

$Q_{\text{год}}$ – годовой объем грузовых перевозок;

W_{qr} – годовой объем перевозок, осуществляемый одним автомобилем» [11].

$$W_q = \frac{q_{\text{ном}} \cdot \gamma_{\text{ст}} \cdot \beta_{\text{ездки}} \cdot V_m \cdot t_{\text{наряде}}}{l_{\text{г}} + \beta \cdot V_m \cdot t_{\text{пр}}} \cdot D_{\text{год}}, \quad (2)$$

где $q_{\text{ном}}$ – номинальная грузоподъемность автомобиля,

$\gamma_{\text{ст}}$ – коэффициент использования грузоподъемности,

β – коэффициент ездки,

$V_{\text{т}}$ – техническая скорость,

$l_{\text{г}}$ – средняя длина ездки с грузом,

$t_{\text{пр}}$ – время на погрузку-разгрузку,

$t_{\text{наряде}}$ – время нахождения в наряде,

$D_{\text{г}}$ – число рабочих дней в году, принимаем для грузового АТП 255 дней.

Подставив в формулу данные по автомобилю «КамАЗ-65117», и соотнеся с данными по региону, получим:

$$W_q = \frac{14 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 55 \cdot 8}{100 + 0,5 \cdot 55 \cdot 1,5} \cdot 255 = 10584.$$

Приняв для приблизительного объема перевозимых грузов за год, «в объеме $Q_{\text{год}} = 3810240$ тонн, рассчитываем потребное число автомобилей» [11]:

$$A_{\text{экс}} = 3810240 / 10584 = 360 \text{ автомобилей.}$$

«Принимая во внимание коэффициент технической готовности 0,9, окончательно для данного АТП» [11], принимаем число автомобилей 400. В случае не востребованности части парка предполагается возможность передачи автомобилей в аренду строительным организациям и частным лицам. Предполагается также задействовать АТП для нужд муниципальных и федеральных дорожных служб.

1.2 Технологический расчёт предприятия

Исходные данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Параметр	Показатель
тип предприятия	грузовое комплексное
марка и модель автомобиля	КамАЗ-65111
списочное число автомобилей A_{cc}	400 шт.
количество рабочих дней в году $D_{рг}$	255 дней
природно-климатический район	умеренный
категория условий эксплуатации	III
пробег с начала эксплуатации $L_{общ}$	200000 км.
время в наряде T_n	8 часов
нормативный пробег до КР $L_{кр}^H$	350000 км
среднесуточный пробег L_{cc}	220 км
нормативный пробег до ТО-1 L_1^H	4000 км
нормативный пробег до ТО-2 L_2^H	16000 км
габаритные размеры автомобиля	7400x2500x3925 мм

«Для определения годовой трудоемкости и численности рабочих производится расчет производственной программы по количеству ЕО, ТО-1, ТО-2 и ТР» [11]. «Скорректируем нормы пробега автомобиля до ТО-1, ТО-2 и ТР. Для расчёта программ профилактических воздействий ЕО, ТО-1, ТО-2, Д-1, Д-2 принят цикловой метод расчёта, где в основу положен нормируемый пробег автомобиля и нормируемые периодичности воздействий. Периодичность ЕО равна среднесуточному пробегу, обычно выполняется водителем (кроме УМР).

При расчете производственной программы учитывается периодичность только УМР» [11]. «Периодичность уборочно-моечных работ» [11]:

$$L_M = L_{cc} \cdot D_M \quad (3)$$

где « D_M – средняя продолжительность мойки автомобилей, для грузовых автомобилей, принимаем 3 дня;
 L_{cc} – среднесуточный пробег, по заданию равно 220 км (таблица 1)» [11].

$$L_M = L_{cc} \cdot D_M = 220 \cdot 3 = 660 \text{ км.}$$

«Периодичность ТО-1 и ТО-2» [11]:

$$L_1 = L_1^H \cdot K_1 \cdot K_3 \quad (4)$$

$$L_2 = L_2^H \cdot K_1 \cdot K_3 \quad (5)$$

где « L_1^H, L_2^H – нормативные периодичности ТО-1 и ТО-2, км ;

K_1 – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации, принимаем для категории 3 эксплуатации – 0,8;

K_3 – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий, для умеренного климата – 1» [11].

$$L_1 = 4000 \cdot 0,8 \cdot 1 = 3200 \text{ км.}$$

$$L_2 = 16000 \cdot 0,8 \cdot 1 = 12800 \text{ км.}$$

«Пробег автомобиля до капитального ремонта определим по формуле» [11]:

$$L_{KR} = L_{KR}^H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (6)$$

где « L_{KR}^H – норма пробега автомобиля до капитального ремонта, по заданию

равно 350000км;

K_2 – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы, для грузовых автомобилей 0,85» [11].

$$L_{\text{КР}} = 350000 \cdot 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 = 23800 \text{ км.}$$

Скорректированные расчеты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Скорректированные расчеты

Вид воздействия	Обозначение пробега	Пробеги, км		
		скорректированные по коэффициентам	скорректированные по кратности	принятые для расчета
ЕО-1	$L_{\text{сс}}$	–	–	220
До ТО-1	L_1	3200	$220 \cdot 15$	3300
До ТО-2	L_2	12800	$3300 \cdot 4$	13200
До КР	$L_{\text{КР}}$	238000	$13200 \cdot 18$	237600

«Расчитаем производственную программу по количеству ЕО, ТО-1, ТО-2, Д-1, Д-2 и КР. Для расчета производственной программы по количеству обслуживанию применим методику основанную на цикле, т.е. на пробеге автомобиля до КР» [11]. «Количество обслуживаний по одному автомобилю за цикл» [11]:

$$N_{\text{КР}} = \frac{L_{\text{ц}}}{L_{\text{КР}}}, \quad (7)$$

$$N_2 = \frac{L_{\text{ц}}}{L_2} - N_{\text{КР}}, \quad (8)$$

$$N_1 = \frac{L_{\text{ц}}}{L_1} - N_{\text{КР}} - N_2, \quad (9)$$

$$N_M = \frac{L_{II}}{L_M}, \quad (10)$$

$$N_{EO} = \frac{L_{II}}{L_{CC}}, \quad (11)$$

где N_{KP} , N_1 , N_2 , N_M , N_{EO} – количество соответственно КР, ТО-1, ТО-2, УМР, ЕО;

$L_{KP} = 237600$ км – скорректированный пробег за цикл.

$$N_{KP} = \frac{237600}{237600} = 1,$$

$$N_2 = \frac{237600}{13200} - 1 = 117,$$

$$N_1 = \frac{237600}{3300} - 1 - 17 = 54,$$

$$N_M = \frac{237600}{660} = 360$$

$$N_{EO} = \frac{237600}{220} = 1080.$$

«Переводной коэффициент от числа обслуживаний за цикл к годовому числу обслуживаний одного автомобиля» [11]:

$$\eta_r = \frac{D_{ГЭ}^Г}{D_{ГЭ}^Ч} = \frac{\alpha_T \cdot D_{II}^Г}{D_{ГЭ}^Ч}, \quad (12)$$

где $D_{ГЭ}^Ч$ – «число дней за цикл, когда автомобиль годен к эксплуатации» [11]:

$$D_{ГЭ}^Ч = \frac{L_{II}}{L_{CC}}, \quad (13)$$

где $D_{ГЭ}^Г$ – «число дней за год, когда автомобиль годен к эксплуатации.

$D_{и}^{\Gamma}$ – число дней работы автомобиля за год (включая дни работы на линии, дни простоя в ремонте)» [11]:

$$D_{и}^{\Gamma} = 365 - D_{НП}^{\Gamma}, \quad (14)$$

где $D_{НП}^{\Gamma}$ – «число дней нормируемых простоев в год (выходные, праздничные дни), так как грузовое АТП работает 255 дней, то принимаем 110» [11]:

α_T – коэффициент технической готовности автомобиля:

$$\alpha_T = \frac{D_{ГЭ}^{\Gamma}}{D_{ц}} = \frac{D_{ГЭ}^{\Gamma}}{D_{ГЭ}^{\Gamma} + D_{р}^{\Gamma}}, \quad (15)$$

где $D_{ц}$ – «число дней в цикле;

$D_{р}^{\Gamma}$ – суммарное число дней простоя автомобиля в ТО-2, ТР, КР за цикл» [11]:

$$D_{р}^{\Gamma} = D + D_{КР} \cdot N_{КР} = \frac{d \cdot L_{КР}}{1000} + D_{КР} \cdot N_{КР}, \quad (16)$$

где D – «суммарное число дней простоя в ТО-2 и ТР за цикл;

$D_{КР}$ – простой автомобиля в капитальном ремонте, дней» [11]:

$$D_{КР} = D_{КР}^H + D_{дос}, \quad (17)$$

где $D_{КР}^H$ – «норма простоя автомобиля на специализированном предприятии, принимаем 22 дня;

$D_{дос}$ – транспортировка автомобиля на специализированное предприятие и обратно, так как АТП находится достаточно близко от ремонтного предприятия, то принимаем 9 дней;

d – простой автомобиля в ТО-2 и ТР, дн./1000 км» [11]:

$$d = d_n \cdot K_4 \cdot K_{см}, \quad (18)$$

где, d_n – «норма простоя в ТО-2 и ТР, принимаем $d_n=0,53$ дня/1000км;

K_4 – коэффициент, учитывающий пробег автомобиля с начала эксплуатации, принимаем 1,2;

$K_{см}$ – коэффициент учёта планируемой сменности работы производственных зон ТО-2 и ТР, принимаем 0,8» [8].

Таким образом, получаем:

$$d = 0,53 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 0,5 \frac{\text{дн}}{1000} \text{ км},$$

$$D_{кр} = 22 + 9 = 31 \text{ дн},$$

$$D_p^ч = \frac{0,5 \cdot 237600}{1000} + 31 \cdot 1 = 149,8 \text{ дн},$$

$$D_{ГЭ}^ч = \frac{237600}{220} = 1080 \text{ дн},$$

$$\alpha_T = \frac{1080}{1080 + 149,8} = 0,878,$$

$$D_{и}^Г = 365 - 110 = 255 \text{ дн}.$$

$$\eta_{Г} = \frac{255 \cdot 0,878}{1080} = 0,21$$

Находим количество обслуживаний одного автомобиля за год:

$$N_2^Г = N_2 \cdot \eta_{Г}, \quad (19)$$

$$N_1^Г = N_1 \cdot \eta_{Г}, \quad (20)$$

$$N_M^\Gamma = N_M \cdot \eta_\Gamma, \quad (21)$$

$$N_{EO}^\Gamma = N_{EO} \cdot \eta_\Gamma, \quad (22)$$

$$N_{KP}^\Gamma = N_{KP} \cdot \eta_\Gamma, \quad (23)$$

$$N_2^\Gamma = 17 \cdot 0,21 = 3,57,$$

$$N_1^\Gamma = 54 \cdot 0,21 = 11,34,$$

$$N_M^\Gamma = 360 \cdot 0,21 = 75,6,$$

$$N_{EO}^\Gamma = 1080 \cdot 0,21 = 226,8,$$

$$N_{KP}^\Gamma = 1 \cdot 0,27 = 0,27.$$

«Годовая производственная программа по группе автомобилей» [11]:

$$\Sigma N_2 = N_2^\Gamma \cdot A_{И}, \quad (24)$$

$$\Sigma N_1 = N_1^\Gamma \cdot A_{И}, \quad (25)$$

$$\Sigma N_M = N_M^\Gamma \cdot A_{И}, \quad (26)$$

$$\Sigma N_{EO} = N_{EO}^\Gamma \cdot A_{И}, \quad (27)$$

$$\Sigma N_{KP} = N_{KP}^\Gamma \cdot A_{И}, \quad (28)$$

$$\Sigma N_2 = 3,57 \cdot 400 = 1428,$$

$$\Sigma N_1 = 11,34 \cdot 400 = 1428,$$

$$\Sigma N_M = 75,6 \cdot 400 = 30240,$$

$$\Sigma N_{EO} = 226,81 \cdot 400 = 90724,$$

$$\Sigma N_{KP} = 0,21 \cdot 400 = 84.$$

«Суточная программа по техническому обслуживанию по группе автомобилей» [11]:

$$N_2^c = \frac{\Sigma N_2}{D_{\Gamma}}, \quad (29)$$

$$N_1^c = \frac{\Sigma 1}{D_{\Gamma}}, \quad (30)$$

$$N_M^c = \frac{\Sigma N_M}{D_{\Gamma}^I}, \quad (31)$$

$$N_{EO}^c = \frac{\Sigma N_{EO}}{D_{\Gamma}^I}, \quad (32)$$

где D_{Γ} – «число дней работы зон ТО-2 и ТР в году, так как подвижной состав необходимо поддерживать в технически исправном состоянии в течение недели (в АТП 2 выходных) принимаем 255 дней» [11]:

$$N_2^c = \frac{1428}{255} = 5,6 \approx 6,$$

$$N_1^c = \frac{4536}{255} = 17,79 \approx 18,$$

$$N_M^c = \frac{30240}{255} = 118,59 \approx 119,$$

$$N_{EO}^c = \frac{90724}{255} = 355,78 \approx 356.$$

«Годовая производственная программа по диагностированию Д-1» [11]:

$$N_{D1}^{\Gamma} = \sum N_1 + \sum N_2 + N_{TP_{D1}}^{\Gamma}, \quad (33)$$

где, $N_{TP_{D1}}^{\Gamma}$ – «годовая программа диагностирования автомобилей на постах Д-1 после ТР» [8]:

$$N_{TP_{D1}}^{\Gamma} = 0,1 \cdot \sum N_1, \quad (34)$$

$$N_{TP_{D1}}^{\Gamma} = 0,1 \cdot 4536 \approx 454$$

$$N_{D1}^{\Gamma} = 4536 + 1428 + 454 = 6418$$

«Годовая производственная программа по диагностированию Д-2» [11]:

$$N_{D2}^{\Gamma} = \sum N_2 + N_{TP_{D2}}^{\Gamma}, \quad (35)$$

где, $N_{TP_{D2}}^{\Gamma}$ – «годовая программа диагностирования автомобилей на постах Д-2 после ТР» [11]:

$$N_{TP_{D2}}^{\Gamma} = 0,2 \cdot \sum N_2, \quad (36)$$

$$N_{TP_{D2}}^{\Gamma} = 0,2 \cdot 1428 = 295,6 \approx 286,$$

$$N_{D2}^{\Gamma} = 1428 \cdot 286 = 1714.$$

«Суточная производственная программа по соответствующему виду диагностирования» [8]:

$$N_{Di}^c = \frac{N_{Di}^\Gamma}{D_{\text{раб}}}, \quad (37)$$

$$N_{D1}^c = \frac{6418}{255} = 25,17 \approx 25,$$

$$N_{D2}^c = \frac{1714}{255} = 6,72 \approx 7.$$

«Произведем расчет годовых объемов работ по ТО, ТР и самообслуживания предприятия. Скорректируем нормативы трудоемкостей» [8]. «Расчёты годовых объёмов работ по ТО и ТР производится на основании нормативов трудоемкостей ЕО, ТО-1, ТО-2, удельной трудоемкости ТР и коэффициентов корректирования» [8].

«Трудоемкости ЕО, ТО-1, ТО-2 и ТР, чел.-ч.» [8].

$$t_{EO} = t_{EO}^H \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M, \quad (38)$$

$$t_1 = t_1^H \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M, \quad (39)$$

$$t_2 = t_2^H \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M, \quad (40)$$

$$t_{EO} = t_{TP}^H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot 4 \cdot K_5 \cdot K_M, \quad (41)$$

где « t_{EO}^H , t_1^H , t_2^H , t_{TP}^H – исходные нормативы трудоемкостей ЕО, ТО-1,

ТО-2 и ТР соответственно, согласно нормативным данным для автомобиля особо большой грузоподъемности, принимаем

$$t_{EO}^H = 0,5 \text{ чел.-ч.}, \quad t_1^H = 7,8 \text{ чел.-ч.}, \quad t_2^H = 31,2 \text{ чел.-ч.},$$

$$t_{TP}^H = 6,1 \text{ чел.-ч./1000 км};$$

K_1 – коэффициент корректирования нормативных трудоёмкостей в зависимости от условий эксплуатации, принимаем для третьей категории 1,2;

K_2 – коэффициент корректирования нормативных трудоёмкостей в зависимости от модификации подвижного состава и организации его работы, для базового автомобиля принимаем 1,15.

K_4 – коэффициент корректирования нормативов удельной трудоёмкости в зависимости от пробега с начала эксплуатации, принимаем 1,2;

K_5 – коэффициент корректировки нормативов трудоёмкости ТО и ТР с учетом количества обслуживаемых транспортных средств (420 грузовых ТС) и одной технологически совместимой группы подвижного состава, принимается равным 0,85;

K_m – коэффициент снижения нормативной трудоёмкости, учитывающий использование механизированных моечных установок, с целью уменьшить затраты труда на ЕО в 2 раза, принимаем 0,7» [8].

Скорректированные трудоёмкости по ТО и ТР КамАЗ-65111 сводим в таблицу 3.

Таблица 3 - Скорректированные трудоёмкости ТО и ТР

Виды воздействий	Нормативная трудоёмкость, чел.-ч.	Коэффициенты						Скорректированная трудоёмкость, чел.-ч.
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_m	
t_{EO}	0,5	–	1,15	1,0	–	0,85	1,00	0,489
t_1	7,8	–	1,15	1,0	–	0,85	0,85	6,481
t_2	31,2	–	1,15	1,0	–	0,85	1,0	30,498
t_{TP}	6,1	1,2	1,15	1,0	1,2	0,85	0,70	6,010

Определим годовые объёмы работ по ТО и ТР. «Годовой объём ЕО, ТО-1, ТО-2 и ТР для группы автомобилей, чел.-ч» [8]:

$$T_{EO} = \Sigma N_M \cdot t_{EO}, \quad (42)$$

$$T_1 = \Sigma N_1 \cdot t_1, \quad (43)$$

$$T_2 = \Sigma N_2 \cdot t_2, \quad (44)$$

$$T_{cp} = \frac{L_{cc} \cdot D_{и}^{\Gamma} \cdot \alpha_T \cdot t_{TP} \cdot A_{и}}{1000}. \quad (45)$$

«Находим годовые объёмы работ» [8]:

$$T_{EO} = 30240 \cdot 0,489 = 14787,36 \text{ чел. -ч.}$$

$$T_1 = 4536 \cdot 6,481 = 29397,82 \text{ чел. -ч.}$$

$$T_2 = 1428 \cdot 30,498 = 43221,14 \text{ чел. -ч.}$$

$$T_{TP} = \frac{220 \cdot 255 \cdot 0,878 \cdot 6,01 \cdot 400}{1000} = 118410,94 \text{ чел. -ч.}$$

«Общая трудоёмкость всех видов ТО и ТР подвижного состава» [8]:

$$T = T_{EO} + T_1 + T_2 + T_{TP}, \quad (46)$$

$$T = 14787,36 + 29397,82 + 43551,14 + 118410,94 = 206147,26 \text{ чел. -ч.}$$

Вывод: в разделе произведен технологический расчет АТП. В ходе технологического расчета были определены основные параметры производственного процесса, включая трудоёмкость операций, необходимое количество оборудования и рабочих мест.

2 Поиск аналогов

2.1 Особенности конструкции и описание принципа действия технологического оборудования

Современные автосервисы все меньше зависят от ручного труда благодаря внедрению автоматизированного оборудования, что приводит к росту эффективности, сокращению времени ремонта и улучшению финансовых результатов. Сегодня нужное оборудование можно приобрести у поставщиков или разработать собственными силами, но из-за широкого ассортимента готовых решений разработка новых устройств и модернизация старых теряют актуальность.

В связи с этим ключевой компетенцией бакалавра по профилю «Автомобили и автомобильный сервис», становится способность подбирать оборудование, соответствующее конкретным производственным требованиям.

В рамках темы бакалаврской работы одним из наиболее экономичных и «эффективных вариантов для оснащения СТО можно считать канавные подъемники. Их использование требует наличия смотровой канавы. В советское время крупные автотранспортные предприятия проектировались с учетом эргономики и логистики, так как основной задачей было организовать поточное обслуживание различных видов транспорта» [37]. Для грузовых автомобилей и автобусов оптимальным решением как тогда, так и сегодня остаются канавные подъемники.

Современные версии таких подъемников – это специализированные механизмы, предназначенные для подъема грузовиков при проведении ремонтных работ. Данное «оборудование активно используется в сервисных центрах, занимающихся обслуживанием автобусов, тяжелой и коммерческой техники» [37].

«Канавные подъемники – это специализированное оборудование, предназначенное для подъема тяжелой техники» [12] (грузовиков, автобусов,

спецтранспорта) во время ремонта и обслуживания. Их ключевое преимущество – использование смотровой канавы, что позволяет экономить пространство в сервисе и обеспечивать удобный доступ к узлам и агрегатам.

Канавные подъемники делятся не только по типу механизма (ножничные, плунжерные и т. д.), но и по способу установки – на подвесные и напольные. Разберем их ключевые особенности, преимущества и применение в ремонте грузовых автомобилей и автобусов.

Подвесные канавные подъемники устанавливаются на стенах или балках над смотровой канавой, подъемный механизм (лебедка, гидравлика или цепной привод) крепится к потолку или специальным опорам. Транспортное средство фиксируется тросами или ремнями и поднимается над канавой.

Преимущества: экономия места – не занимают площадь в канаве, не мешают передвижению механиков, универсальность – подходят для разных типов грузовиков и автобусов, легкость доступа – нет препятствий для работы с днищем, подвеской, трансмиссией.

Недостатки: требуют прочных потолочных креплений (не подходят для слабых перекрытий), могут быть менее устойчивыми при работе с очень тяжелой техникой.

Напольные канавные подъемники монтируются непосредственно в смотровую канаву (стационарно или временно). Бывают гидравлическими, пневматическими или электромеханическими, поднимают автомобиль за раму, оси или специальные точки крепления.

Преимущества: высокая грузоподъемность (до 50+ тонн), стабильность и безопасность – жесткая фиксация в канаве, не требуют усиления потолка.

Недостатки: занимают часть пространства канавы, могут мешать передвижению. Некоторые модели требуют глубокой канавы (особенно ножничные и плунжерные).

Сравнительная характеристика представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика канавных подъемников

Критерий	Подвесные	Напольные
Установка	Крепятся к потолку/стенам	Монтируются в канаву
Грузоподъемность	До 20–30 тонн (зависит от креплений)	До 50+ тонн (стационарные модели)
Доступ к днищу	Максимальный (нет препятствий)	Зависит от конструкции канавы
Требования к помещению	Нужны усиленные перекрытия	Требуется надежная канавка
Гибкость	Можно использовать в разных зонах	Чаще стационарные

Оба типа подъемников эффективны, но выбор зависит от грузоподъемности, конструкции сервиса и частоты использования. В современных грузовых СТО часто комбинируют оба варианта для разных задач.

При подборе ямного домкрата следует обратить внимание на ключевые параметры: тип установки и предельную грузоподъемность, ход штока, мобильность конструкции и вид привода (механический, гидравлический).

Стандартные модели обычно комплектуются ручным приводом, однако возможна модернизация с установкой пневмосистемы для повышения скорости работы. Домкраты производятся под конкретные условия эксплуатации – габариты и технические характеристики рассчитываются индивидуально по замерам на месте будущего использования.

Данное оборудование обладает рядом ключевых преимуществ:

- повышенная грузоподъемность при компактных размерах;
- отличная мобильность и удобство в эксплуатации;
- широкий спектр применения (совместимость с различными типами грузового транспорта);
- надёжная и безопасная конструкция (усиленная рама).

В автосервисах для работы с транспортными средствами используются, как канавный подъемник, так и кантователь, но они имеют принципиально разные функции и конструкцию.

Канавный подъемник предназначен для подъема автомобиля в вертикальном положении (обычно над смотровой канавой). Это необходимо чтобы обеспечить доступ к днищу, ходовой части, трансмиссии и другим нижним узлам. Кантователь для наклона или полного переворота автомобиля (на 90° или 180°) с целью обеспечить доступ к боковым или верхним частям кузова/шасси, которые сложно обслуживать в обычном положении [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19]. Проведем анализ оборудования по снятию КП грузовых автомобилей.

«Стенд для разборки и сборки гидромеханических передач автобусов Р 636 (производитель: ЗАО «ГАРО-Трейд», источник: www.garotrade.ru, страна: РФ)» [9].

«Специализированный стенд предназначен для безопасной и удобной разборки-сборки гидромеханических передач (ГМП) автобусных моделей семейства Р 636 (ЛиАЗ-5256 и аналоги). Обеспечивает правильное позиционирование агрегата при обслуживании и ремонте» [9] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Стенд для разборки и сборки гидромеханических передач автобусов Р 636

Конструктивные особенности стенда:

- рабочая платформа с регулируемыми опорами для фиксации ГМП в оптимальном положении;
- поворотный механизм с фиксацией (ручной или гидравлический) для кантовки агрегата на 360°;
- тележка-подъемник с грузоподъемностью до 500 кг для транспортировки узла;
- комплект съемных адаптеров под конкретные модели трансмиссий;
- защитные кожухи.

Технические характеристики:

- макс. масса агрегата: 450 кг.;
- габариты рабочей зоны: 1500×800 мм;
- регулировка высоты: 600-1200 мм;
- управление: механическое/пневматическое.

Преимущества: снижение трудозатрат на 40% по сравнению с ручной разборкой, исключение повреждений узлов при кантовке, совместимость с трансмиссиями других автобусов (после дооснащения).

Конструкция стенда включает следующие основные элементы:

- несущая стойка, выполняющая двойную функцию: служит опорной конструкцией, представляет собой защитный кожух, скрывающий приводные механизмы (электродвигатель, редуктор и клиноременную передачу);
- поворотный узел: на верхней части стойки смонтирована ось с поворотным захватом обеспечивает изменение пространственного положения агрегата;
- маслосборник: в основании конструкции расположен поддон предназначен для сбора отработанного масла при обслуживании.

Принцип работы оборудования. Гидромеханическая передача монтируется на поворотный захват и надежно фиксируется винтовыми креплениями.

Приводной механизм (электродвигатель через редуктор и клиноременную передачу) позволяет точно позиционировать агрегат в требуемое положение, плавно изменять ориентацию узла в процессе разборки/сборки. Технологические преимущества: возможность многоосевого позиционирования ремонтируемого узла, удобный доступ ко всем сторонам агрегата без повторной установки, автоматизированный процесс изменения положения (в отличие от ручных аналогов).

Кантователь двигателя/коробки передач на 500 кг (производитель: TROMMELBERG, источник: www.trommelberg.ru, страна: Российская Федерация)» [40].

Устройство для кантования двигателей и коробок передач с вращающимся блоком и универсальным креплением представлено на рисунке 2.



Рисунок 2 – Кантователь двигателя/коробки передач на 500 кг

Технические характеристики:

- грузоподъемность: 500 кг;
- угол поворота: 360° с фиксацией в любом положении;
- привод: ручной (механический) / опционально пневматический;
- рабочая высота: 800-1500 мм (регулируемая);
- габариты платформы: 1200×800 мм;
- вес оборудования: 280 кг.

Конструктивные особенности:

- усиленная стальная рама с порошковой окраской;
- поворотный механизм на шарикоподшипниках;
- сменные адаптеры для различных типов ДВС и КПП;
- регулируемые стопорные винты для надежной фиксации;
- встроенные предохранительные упоры;
- маслостойкое покрытие рабочих поверхностей.

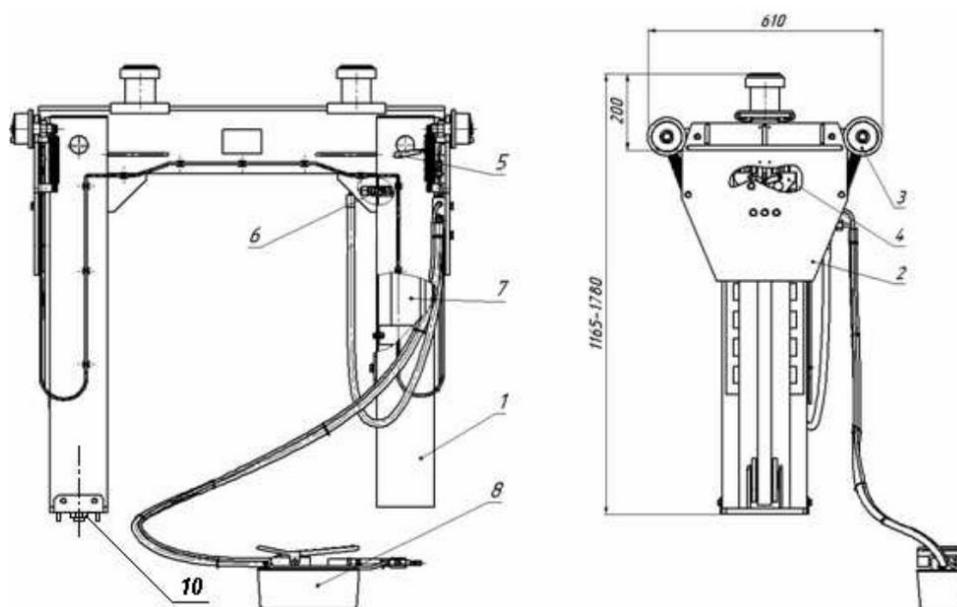
Преимущества: плавность хода при повороте под нагрузкой, эргономичная конструкция снижает нагрузку на оператора, совместимость с большинством европейских и азиатских авто, возможность модернизации (добавление электро-/гидропривода).

Для снятия коробки передач с грузового автомобиля лучше использовать канавный подъемник, это связано с тем, что использование канавного подъемника обеспечивает оптимальный доступ к узлу. Канавный подъемник обеспечит: стабильный вертикальный подъем автомобиля за раму, удобный доступ к КПП снизу (основное направление работ), возможность демонтировать карданный вал и опоры коробки без лишних манипуляций. Нет риска перекоса или неустойчивости при вывешивании тяжелой КПП (вес которой у МАЗ достигает 300-400 кг). Кроме того, механик может работать с тележки в канаве, легче использовать подъемные приспособления для демонтажа коробки, а также сохраняется доступ к другим узлам при необходимости.

Кантователь требуется как дополнительный доступ к верхним креплениям КПП, например, при комплексном ремонте, когда нужно снимать одновременно коробку и двигатель в условиях ограниченного пространства (но это частные случаи).

Таким образом, для стандартной замены КПП на МАЗ канавный подъемник является оптимальным и безопасным выбором. Кантователь стоит рассматривать только для особо сложных случаев ремонта.

Канавные подъемные механизмы представляют собой экономичную и компактную замену дорогостоящим ножничным и колонным подъемникам. Их главное преимущество - минимальные требования к установке: достаточно наличия стандартной смотровой ямы. Отдельные модели обладают повышенной функциональностью за счет совместимости с дополнительным оборудованием: подкатными платформами, грузовыми подъемниками различных модификаций, другими сервисными системами. Такая конструктивная особенность значительно расширяет сферу применения данных механизмов в автосервисных предприятиях. На рисунке 3 представлена типовая конструкция портального канавного подъемника.



1 – траверса; 2 – каретка, 3 – ролики, 4 – собачки, 5 – рукоятка, 6 – клапан-гидрозамок, 7 – гидроцилиндр, 8 – насос, 9 – разъём, 10 – регулировочная гайка.

Рисунок 3 – Общий вид портального подъемника ППК-10

«Подъемное устройство ППК-10 включает следующие основные компоненты, рассмотрим их. Траверса (1) - подвижный элемент, установленный на каретках (2) с пружинными роликами (3), которые перемещаются по

направляющим канавы. Фиксация в рабочем положении происходит благодаря сжатию пружин под нагрузкой от поднимаемого транспортного средства» [9].

Гидравлическая система содержит: гидроцилиндр (7), закрепленный на траверсе, пневмогидравлический насос (8) для подачи рабочей жидкости. Цепная передача, обеспечивающая подъем траверсы при выдвигении штока гидроцилиндра. Клапан-гидрозамок (6), предотвращающий аварийное опускание при разгерметизации.

Система безопасности представлена страховочными гребенками с уступами на стойках траверсы, «собачками» (4), которые активируют пневмоцилиндры и управляются через рукоятку (5) пневмораспределителя. Регулировочная гайка (10) для компенсации перекоса траверсы

Подъем осуществляется за счет подачи масла в гидроцилиндр через систему, включающую насос и гидрозамок. Сжатый воздух для привода насоса и управления собачками подается от пневмосистемы. Блокировка положения обеспечивается механическими (собачки) и гидравлическими (гидрозамок) элементами безопасности.

2.2 Поиск технологического оборудования под требования автосервиса

В настоящее время, АТП могут выбирать из широкого ассортимента сервисного оборудования, различающегося: по стоимости, техническим требованиям, уровню надежности и качества.

«Методика отбора оборудования для анализа. Первичный отбор. Из всего многообразия предложений выбирают 3-5 моделей от разных производителей. Критерий отбора: наличие четких числовых характеристик в технической документации и исключение нерелевантных вариантов. Не рассматривают оборудование, параметры которого превышают аналоги более чем в 1,5-2 раза (такие модели не считаются прямыми конкурентами). Кроме того, затраты на доставку и монтаж в данном анализе не учитываются» [23].

«Отбор осуществляется с целью объективного сравнения технических характеристик выбранных моделей» [23]. На рисунках 4, 5, 6, 7 для представлен внешний вид анализируемых моделей.

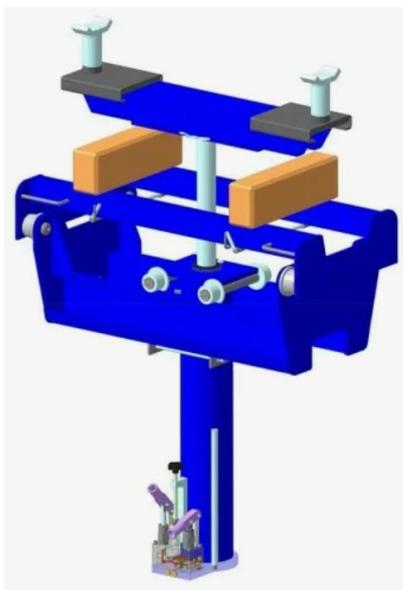


Рисунок 4 – Подъемник ПНК-10Е-10



Рисунок 5 – Внешний вид подъемника ППК-10



Рисунок 6 – Внешний вид подъемника ПНК-10



Рисунок 7 – Внешний вид подъемника JZ-RH 10/800 E

Технические характеристики рассматриваемого оборудования представлены в таблице 5.

Таблица 5– Характеристики отобранного для анализа оборудования

Паспортное наименование основной характеристики, единицы измерения	Значения паспортных характеристик по моделям			
	П-114Е-10	ППК-10	ПНК-10	JZ-RH 0/800 E
Ограничение по весу подымаемого транспортного средства, т	10	10	10	10

Продолжение таблицы 5

Паспортное наименование основной характеристики, единицы измерения	Значения паспортных характеристик по моделям			
	П-114Е-10	ППК-10	ПНК-10	JZ-RH 0/800 E
Высота подъема автомобиля над уровнем чистого пола при полном выходе штока, мм	750	700	470	600
Высота подъема автомобиля над уровнем чистого пола при минимальном выходе штока, мм	250	200	140	150
Экспертная оценка эргономических свойств, балл (по шкале от 1 до 5)	4	5	5	5
Масса оборудования, кг	250	230	226	210
Общие габариты устройства (без учета вертикального габарита), м ²	0,78	0,72	0,64	0,70
Цена, тыс.руб.	103,95	236,124	127,14	309,0

2.3 Экспертный анализ оборудования

Экспертный анализ оборудования это оценка оборудования специалистами на основе опыта и технических знаний.

Критерии анализа:

- надежность конструкции;
- удобство обслуживания;
- совместимость с другими системами сервиса;
- репутация производителя;
- отзывы из других автосервисов.

Методы проведения:

- ранжирование – расстановка моделей в порядке предпочтения»
- парные сравнения – попарная оценка альтернатив («А лучше В по критерию X»);
- балльная система (например, по 10-балльной шкале).

Экспертный анализ учитывает «неочевидные» факторы (например, ремонтпригодность), помогает избежать ошибок при работе с инновационным оборудованием.

В данной ВКР функции эксперта выполняет непосредственно ее исполнитель. При осуществлении экспертного анализа у меня была возможность обратиться за консультацией, как к научному руководителю ВКР, так и к сторонним специалистам-экспертам. При использовании экспертного метода оценки оборудования исполнитель самостоятельно определяет важность (весовые коэффициенты) каждого «технического параметра C_i , указанного в паспорте оборудования, учитывает при оценке» [23]:

- «специфику технологических процессов ТО и ремонта автомобилей;
- размеры и планировку производственного помещения;
- конструктивные особенности здания сервиса» [23].

«Такой подход позволяет адаптировать выбор оборудования под конкретные условия эксплуатации и производственные требования» [23].

«Уровень показателя качества по каждому параметру с учетом его весомости определяется выражением:

$$P_i = \frac{C_i \cdot Y_i}{100}, \quad (47)$$

Лучшим признается то оборудование, которое наберет наибольшую сумму оценок. $P_{\Sigma_i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot Y_i}{100}$ » [13].

Итоговый протокол экспертного анализа представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Протокол экспертного анализа оборудования

Паспортное наименование основной характеристики, единицы измерения	C, %	P _{i0}	Относительные показатели оборудования с учетом экспертного анализа								
			П-114Е-10			ППК-10			JZ-RH 0/800 E		
			P _i	Y _i	Π _i	P _i	Y _i	Π _i	P _i	Y _i	Π _i
Ограничение по весу поднимаемого	5	10	10	1,0	0,05	10	1,0	0,050	10	1,0	0,050

Продолжение таблицы 6

Паспортное наименование основной характеристики, единицы измерения	С, %	P _{i0}	Относительные показатели оборудования с учетом экспертного анализа								
			П-114Е-10			ППК-10			JZ-RH 0/800 E		
			P _i	У _i	Π _i	P _i	У _i	Π _i	P _i	У _i	Π _i
ТС, т	5	10	10	1,0	0,05	10	1,0	0,050	10	1,0	0,050
Высота подъема ТС над уровнем пола при полном выходе штока, мм	20	470	750	1,6	0,32	700	1,49	0,298	600	1,28	0,256
Высота подъема ТС над уровнем пола при минимальном выходе штока, мм	20	140	250	0,56	0,112	200	0,7	0,140	150	0,93	0,186
Экспертная оценка эргономических свойств, балл (по шкале от 1 до 5)	10	5	4	0,8	0,08	5	1,0	0,100	5	1,0	0,100
Собственный вес станда без оправок и подставок, кг	10	226	250	0,91	0,091	230	0,98	0,098	210	1,08	0,108
Общие габариты устройства (без учета вертикального габарита), м ²	5	0,64	0,78	0,82	0,041	0,72	0,89	0,045	0,70	0,91	0,046
Затраты на приобретение оборудования, тыс.руб.	30	127,1	104	1,22	0,366	236,1	0,54	0,162	309,0	0,41	0,123
Сумма оценок	100	–	–	–	1,06	–	–	0,893	–	–	0,869

Наибольший суммарный балл (1,060) был присвоен подъемнику ПНК-10, что свидетельствует о его превосходстве по совокупности оцениваемых

параметров над другими рассматриваемыми моделями, поэтому выбираем подъемник ПНК-10. Ключевые достоинства ПНК-10:

- высокая грузоподъемность (до 10 тонн) – надежная работа с грузовиками, автобусами и спецтехникой;
- компактная конструкция – не требует глубокой канавы, экономит пространство в сервисе;
- гидropневматический привод – плавный подъем и фиксация без рывков;
- усиленная рама – устойчивость даже при максимальной нагрузке;
- простое обслуживание – минимальное количество изнашиваемых деталей.

Циклограмма оборудования выполнена с использованием графического метода и представлена на листе 3 к графической части ВКР.

Выводы: в разделе проведен поиск аналога оборудования для снятия КП с грузового автомобиля. Проведен экспертный анализ, существующего в этом направлении, оборудования и в качестве прототипа для разработки, выбрана модель канавного подъемника ПНК-10.

3 Разработка конструкции

3.1 Техническое задание на разработку канавного подъемника для снятия КП автомобилей КамАЗ

3.1.1 Область применения

Конструкция -канавный подъемник для снятия КП.

Разработка канавного подъемника для КПП КамАЗ-65115 направлена на создание специализированного оборудования для авторемонтных предприятий. Устройство с ручным/автоматизированным управлением предназначено для безопасного проведения ремонтных работ в условиях смотровых канав [20]. Перспективы коммерциализации включают как внутренний рынок, так и экспорт.

3.1.2 Основание для разработки

Разработка выполняется по заданию выданное кафедрой «Проектирование и эксплуатация автмообилей» Тольяттинского государственного университета [23]. Концепция канавного подъемника создана на основе детального изучения существующих технических решений, включающего экспертный анализ и маркетинговое исследование оборудования аналогичного назначения. Это позволило выделить оптимальные конструктивные особенности и создать конкурентоспособное устройство с учетом современных рыночных требований.

3.1.3 Цель и назначение разработки

Проект направлен на создание оптимизированной конструкции канавного подъемника с сокращенной номенклатурой деталей и повышенной технологичностью [24]. Особое внимание уделено возможности изготовления на базе стандартного оборудования АТП с использованием преимущественно унифицированных и доступных на рынке компонентов, что обеспечит экономическую эффективность как при опытном, так и при мелкосерийном производстве.

3.1.4 Источники информации

Источниками информации, которые принимаются во внимание при разработке данной конструкции канавного подъемника, являются:

- «Малкин В. С. Основы проектирования технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта» [23];
- «Анурьев В.И. «Справочник конструктора-машиностроителя» в 3х томах» [5];
- «журнал «Автомобильный транспорт» [2].

3.1.5 Технические требования и рекомендации к проектируемому канавному подъемнику

Проектируемый подъемник должен сочетать высокую эксплуатационную надёжность с экономической эффективностью, обеспечивая безотказную работу при минимальных затратах на обслуживание. Конструкция предусматривает использование стандартизированных автокомпонентов согласно ГОСТ, обладает потенциалом для модернизации и адаптации под различные модели техники, сохраняя при этом работоспособность в различных условиях хранения и транспортировки [1].

Проектирование канавного подъемника осуществляется с обязательным соблюдением всех действующих государственных и отраслевых стандартов. В конструкции особое значение придается соблюдению норм пожарной и электробезопасности. Электрооборудование оснащается: системой заземления, надежной изоляцией, защитными устройствами, сертифицированными материалами и компонентами. [21].

«При эксплуатации канавного подъемника должны выполняться требования стандартов производственной безопасности и охраны труда» [32].

3.1.6 Эстетические и эргономические требования к конструкции

Конструкция подъемника разрабатывается с учетом принципов эргономики: основные рабочие элементы располагаются в оптимальной зоне

доступа (уровень груди), обеспечивая удобство работы без избыточных нагрузок. Особое внимание уделено безопасности - все органы управления вынесены за пределы опасных зон, исключая возможность контакта оператора с подвижными частями оборудования в процессе эксплуатации [33].

Внешний вид подъемника должен соответствовать принципам промышленного дизайна: лаконичные прямоугольные формы со скругленными углами ($R \geq 3$ мм), нейтральная цветовая гамма и отсутствие визуально агрессивных элементов. Конструкция исключает острые выступы, а все угловые соединения имеют плавные переходы или фаски, создавая психологически комфортную рабочую среду без отвлекающих факторов.

3.1.7 Рекомендуемая техническая характеристика

Устройство имеет следующие параметры:

- габариты (Д×Ш×В): $\leq 1500 \times 980 \times 700$ мм;
- регулировка высоты: ≥ 300 мм;
- вес: ≤ 200 кг;
- тип привода: гидравлический/механический (ручной);
- макс. нагрузка: 600 кг.
- назначение: демонтаж КПП КамАЗ-65115.

3.1.8 Стадии и этапы разработки

Сроки установлены в календарном плане к ВКР. Срок сдачи готовой работы – июнь 2025.

3.1.9 Порядок контроля и приёмки

Все стадии проектирования проходят многоуровневую систему согласований: техническое предложение утверждается руководителем проекта, а документация технического проекта дополнительно согласовывается с привлеченными экспертами. Переход к серийному производству возможен

только после успешных испытаний опытного образца, что является обязательным условием для запуска в массовое производство.

3.2 Техническое предложение

3.2.1 Подбор материалов

Перечень материалов, используемых для выполнения разработки представлен в разделе «Список используемых источников».

3.2.2 Обоснование и общее конструктивное устройство канавного подъемника

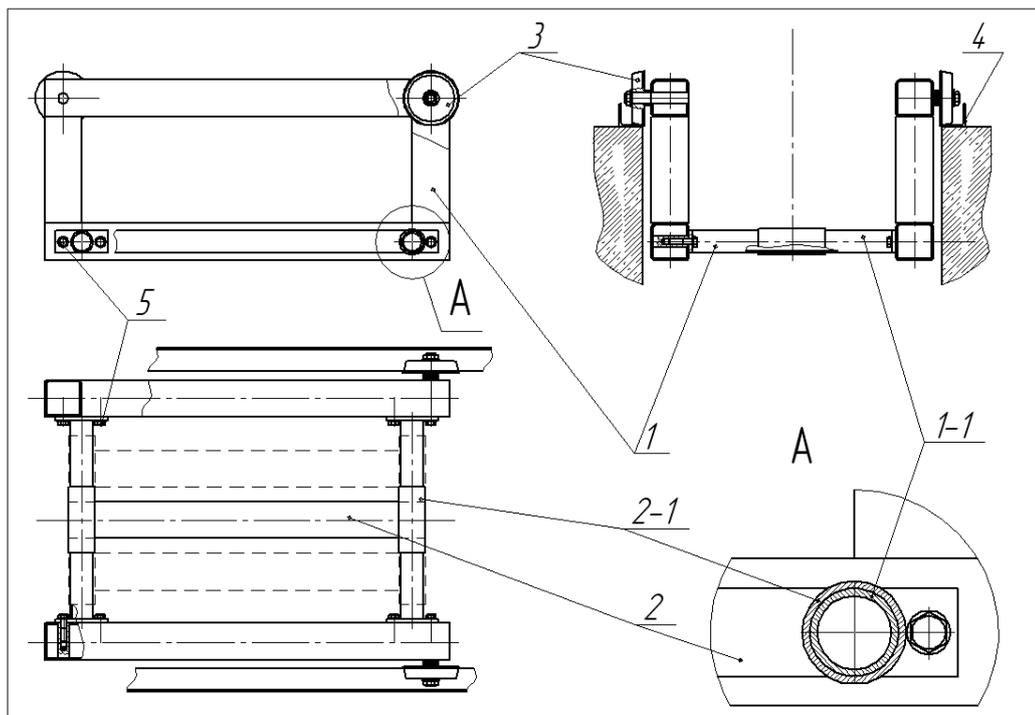
Выбор компоновочной схемы и рамы подъемника. На предпроектной стадии разработки рамы канавного подъемника требуется провести анализ конструктивных решений существующих аналогов. В качестве базового образца для изучения принята рама подъемника ПНК-10, обладающая максимальным сходством технических параметров с проектируемым устройством (таблица 7).

Таблица 7 – Характеристика

Марка подъемника	ПНК-10
Грузоподъемность	12000 кг
Высота	1110 мм
Ширина	390 мм
Длина	по требованию заказчика
Максимальная высота подъема	500 мм
Масса подъемника не более	300 кг
Привод	Ручной
Размеры в упаковке	1200*950*750 мм
Вес в упаковке	400 кг

Традиционная балковая конструкция рамы подъемника ПНК-10, хотя и обеспечивает необходимую прочность, не подходит для работы с коробкой передач КамАЗ-65115 из-за габаритных ограничений. Наше решение - каркас из

профильных труб с увеличенной глубиной погружения - позволяет безопасно демонтировать КПП, обеспечивая необходимый рабочий ход без риска повреждения автомобильных агрегатов (рисунок 8).



1 – каркасная неподвижная рама, 1-1 трубы круглого сечения,
2 – подвижная несущая балка на втулках 2-1, 3 – колеса перемещения подъемника, 4 –
уголки отбойные (направляющие), 5 – болтовое соединение.

Рисунок 8 - Схема рамы канавного подъемника для снятия КП КамАЗ-65115

Основу конструкции составляет сварной каркас из профильных труб, специально углубленный в канаву для обеспечения беспрепятственного извлечения КПП. Уникальной особенностью является подвижная несущая балка (2), позволяющая компенсировать неизбежные погрешности позиционирования автомобиля и точно адаптировать подъемник под конкретную коробку передач, существенно упрощая процесс демонтажа. Перемещение несущей балки осуществляется через приваренные к ней втулки 2-1 на трубах круглого сечения 1-1. Выбор втулок скольжения вместо подшипников обоснован их достаточной надежностью и экономической выгодой. Это решение упрощает конструкцию

рамы, сохраняя необходимую точность позиционирования подвижной балки (2) с упорами. Таким образом, достигнут баланс между стоимостью, технологичностью и функциональностью.

Подъемник перемещается по канаве благодаря четырем металлическим колесам (3), закрепленным на раме (1) и движущимся по уголковым направляющим (4), установленным по периметру рабочей зоны. Данное решение позволяет оператору легко позиционировать оборудование под автомобилем и выводить демонтированный агрегат в зону подъема грузоподъемными средствами. Анализ условий эксплуатации показал целесообразность применения гидравлической системы подъема, как оптимально соответствующей требованиям компактности и мощности. «В качестве рабочего узла применен ручной гидравлический домкрат автономного типа, который сочетает компактные размеры с требуемой мощностью и не зависит от внешних источников питания» [4] (рисунок 9).



Рисунок 9 – Автономный гидравлический домкрат с ручным механическим приводом

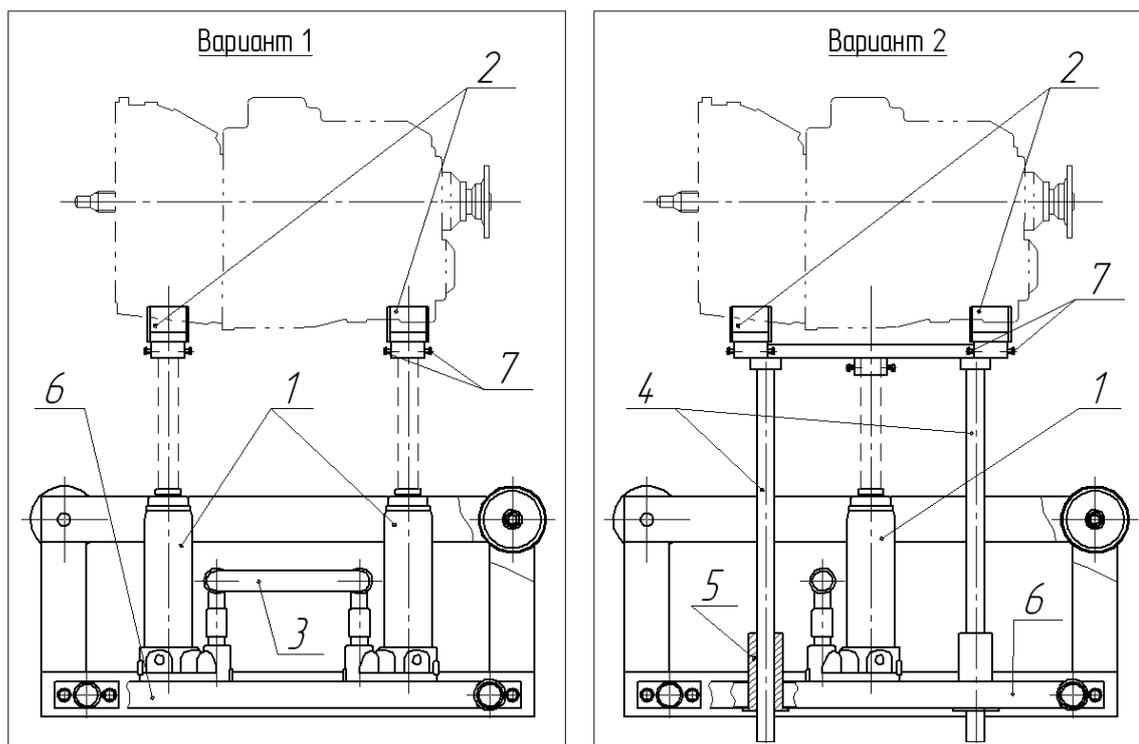
«Технические характеристики домкрата:

- грузоподъемность – 6 тонн;
- высота подхвата – 215 мм;
- высота подъема – 485 мм;

- ход штока – 310 мм;
- вес нетто – 8,9 кг;
- вес брутто – 10,4 кг» [25].

Примененный гидравлический домкрат оптимально подходит для канавного подъемника, сочетая три ключевых преимущества: полную автономность работы, компактные габариты, достаточную грузоподъемность.

Особенностью решения является модульная конструкция, позволяющая оперативно демонтировать домкрат для использования в других технологических процессах автотранспортного предприятия, что повышает рентабельность оборудования. На рисунке 10 представлены две модификации подъемника: вариант 1: оснащен двумя интегрированными гидродомкратами (1); вариант 2: содержит один основной домкрат (1) с двумя направляющими штангами (4).



1 – гидравлический домкрат, 2 – упоры съемные, 3 – рукоятка (связывающая пару домкратов), 4 – штанги, 5 – направляющие втулки, 6 – подвижная несущая балка, 7 – винты крепежные.

Рисунок 10 - Компонентные решения механизма подъема

Первый вариант конструкции использует два гидравлических домкрата (1) на общей подвижной балке, объединенные синхронизирующей рукояткой (3). Это решение обеспечивает как одновременный подъем упоров (2) при стандартных операциях (за счет общего привода), так и возможность отдельной регулировки (после снятия рукоятки) для работы со сложными по конфигурации агрегатами, сохраняя при этом простоту и компактность конструкции.

Второй вариант предусматривает:

- использование одного гидроподъемника (1);
- компенсацию перекосов через направляющие штанги (4), зафиксированные на рамке упоров (2) и перемещающиеся во втулках (5) несущей балки (6);
- экономию на гидрооборудовании;
- увеличение сложности конструкции;
- возникновение опасной ситуации при опускании (перемещение штанг в рабочую зону).

Оба варианта конструкции предусматривают сменные упоры, что обеспечивает необходимую универсальность оборудования. Однако комплексная оценка показывает явные преимущества первого варианта - его компактность, простота изготовления и широкие возможности регулировки делают данное решение оптимальным для выполнения поставленных задач в соответствии с техническим заданием. На основании проведенного анализа вариант №1 признан оптимальным, так как: полностью соответствует требованиям ТЗ, обеспечивает максимальную функциональность, отличается простотой конструкции, гарантирует безопасность работ, позволяет легко адаптироваться под различные агрегаты.

3.2.3 Эстетические и эргономические требования к разрабатываемому изделию

Конструкция подъемника выполнена в едином стиле с преобладанием прямых линий и симметричным расположением основных узлов. Такое решение

не только создает гармоничный внешний вид, но и значительно облегчает обслуживание оборудования - открытая структура и отсутствие сложных форм позволяют легко поддерживать чистоту всех рабочих поверхностей.

Цветовое решение и эксплуатационные характеристики оборудования разработаны с учетом следующих аспектов: функциональных и эргономических. Желтый цвет корпуса подъемника выбран не случайно - он обеспечивает хорошую видимость в условиях смотровой канавы, не утомляет зрение и создает психологически комфортную рабочую атмосферу. Эргономичная конструкция в сочетании с продуманной цветовой гаммой делает обслуживание оборудования простым и удобным для персонала.

Эргономичная компоновка предусматривает размещение всех органов управления в оптимальной рабочей зоне. Боковое расположение рукояти гидроподъемника обеспечивает: эргономичность управления, исключение нахождения оператора в опасной зоне в течение всего рабочего цикла.

3.2.4 Техника безопасности в конструкции

Эргономические требования:

- размещение органов управления должно соответствовать антропометрическим стандартам ГОСТ;
- обеспечение оптимальной рабочей зоны для оператора;
- удобный доступ к узлам обслуживания [38].

Организационные мероприятия:

- обязательное проведение вводного и периодического инструктажей;
- ведение журнала учета инструктажей для слесарей-сборщиков;
- поддержание чистоты и порядка на рабочем месте.

«Технические требования к эксплуатации. Предварительная проверка перед началом работ: надежность крепления всех узлов, исправность ходовых колес, работоспособность гидравлических домкратов, правильность установки упоров» [39].

Эксплуатация запрещается при: поломке колесных опор, повреждении крепежа, неисправностях гидросистемы. Противопожарная защита включает: специально оборудованный уголок, полный комплект пожарного щита, огнетушители ОП-5 и ОУ-5, песочный ящик объемом 0,5 м³. Норма оснащения: 1 комплект на 50 м² площади.

Категорически запрещается проведение ремонтных работ на автомобиле одновременно с обслуживанием подъемника, демонтаж/монтаж узлов подъемника при выполнении других работ.

Контроль выполнения требований безопасности должен быть определен следующими мероприятиями:

- назначение ответственного за производственную безопасность;
- регулярные проверки состояния оборудования;
- обязательная маркировка неисправного оборудования.

3.3 Расчет конструкции тележки

3.3.1 Расчет усилий перемещения подъемника

«Усилие, необходимое для перемещения по горизонтали колесной тележки канавного подъемника с грузом (с КП КамАЗ) после начала движения, определяется по формуле» [35]:

$$F_c \geq W_c = \frac{f_k \cdot G \cdot \cos \beta + G \cdot \sin \beta}{k} \quad (48)$$

где « W_c – сила статического сопротивления передвижению тележки;

$k = k^n = 0,9^4 = 0,65$ – коэффициент трения в подшипнике скольжения колес, где $n = 4$ – количество колес тележки канавного подъемника,
 $f_k = 0,01$ – коэффициент сопротивления качению для стальной пары колесо/дорожное полотно;

G_1 – максимально возможный вес подвешенного груза с массой самого канавного подъемника, т.е.: $G_1 = G_{\text{под}} + G_{\text{груза}} = 350 + 60 = 410$ кг, где $G_{\text{груза}} = 350$ кг – масса коробки передач КамАЗ-65115, $G_{\text{под}} = 60$

кг – масса всей конструкции канавного подъемника, тогда максимальное усилие оператора при передвижении продольной тележки равно» [35]:

$$F_c \geq W_c = \frac{0,01 \cdot 410 \cdot \cos 0^\circ + 475 \cdot \sin 0^\circ}{0,65} = 6,3 \text{ кг.}$$

«Расчет усилия страгивания тележки канавного домкрата с места. Усилие, необходимое для страгивания с места, по горизонтали, колесной тележки с грузом (коробкой передач КамАЗ, определяется по формуле» [23]:

$$W_c = (1,2 \dots 1,5) \cdot F_c, \quad (49)$$

где $W_c = 1,5 \cdot 6,3 = 9,4$ кг – «максимальное кратковременное усилие оператора при передвижении канавного подъемника с грузом» [23].

3.3.2 Прочностной расчет оси колеса

«Опасные сечения определяются на любой из четырех осей колеса, поскольку нагрузка распределяется равномерно по всем четырем колесам, а рассчитываемый вал представляет собой цельный консольный вал. Определим величины действующих сил» [6].

«Сила Q – нагрузка на вал от веса канавного подъемника и вывешенного агрегата (коробки передач КамАЗ-65115), численно равна» [10]:

$$Q = \frac{G}{n}, \text{ кг.} \quad (50)$$

где « G – максимальной вес подъемника и агрегата.

$$G = G_1 = 410 \text{ кг,}$$

n – количество колес тележки, принимаем: $n = 4$, соответственно количеству колес на чертеже, тогда» [6]:

$$Q = \frac{410}{4} = 102,5 \text{ кг.}$$

«Находим величины изгибающих моментов. Изгибающий момент от силы тяжести груза Q найдем по формуле» [6]:

$$M_Q = Q \cdot l, \left(\frac{\text{КГ}}{\text{СМ}} \right),$$

где l – «расстояние от центра крепежа колеса до заделки оси;

$l = 36 \text{ мм} = 0,036 \text{ м}$, тогда» [6]:

$$M_Q = 102,5 \cdot 0,036 = 3,69 \text{ КГ/М} = 369 \text{ КГ/СМ.}$$

Схема нагружения оси колеса представлена на рисунке 11.

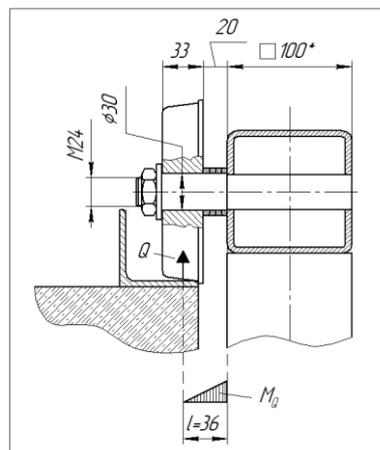


Рисунок 11 – Схема нагружения оси колеса

«Определим диаметры оси. Начнем с определения опасных сечений оси. Сечения в месте приварки (заделки оси в трубу 100x100) является концентратором максимальных изгибающих моментов, для этого сечения и проводятся расчеты» [6].

«Определим диаметра оси колеса. Диаметр оси в опасном сечении определяется по формуле» [6]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{изг}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]e}}, \quad (51)$$

где $[\sigma_{-1}]e$ – допускаемое напряжение на изгиб, $[\sigma_{-1}]e = 400 \dots 500$ кг/см² для стали марки Сталь 20;

$M_{изг} = M_Q = 369$ кг/см, тогда:

$$d = \sqrt[3]{\frac{369}{0,1 \cdot 450}} = 2,02 \text{ см.}$$

«По результатам расчета получили значение диаметра оси в самом опасном сечении равное: $d = 20$ мм. Учитывая, что ранее в этом сечении диаметр вала конструктивно был принят равным 30 мм» [6]. Расчет показал, что достаточно и 20мм, то оставляем величину диаметра оси колеса равной 30мм – с запасом прочности (на случай перегрузки подъемника или неравномерного распределения нагрузки на колеса подъемника).

3.3.3 Расчет рамы подъемника на изгиб

На две трубы диаметром 60мм действует сила тяжести самой подвижная несущей балки 2 на втулках, двух гидравлических подъемников и вес демонтируемого агрегата (коробки передач КамАЗ-65115).

«Предварительно принимаем трубу диаметром 60мм с толщиной стенки 5мм, материал Ст3, и проверяем трубу на прочность при изгибе. При таком расчете требуется выполнить условие» [6]:

$$\sigma_{изг} = \frac{M_u}{W} \leq [\sigma_{изг}], \quad (52)$$

где « W – момент сопротивления в расчетном сечении трубы» [6].

Строим эпюру нагружения (рисунок 12).

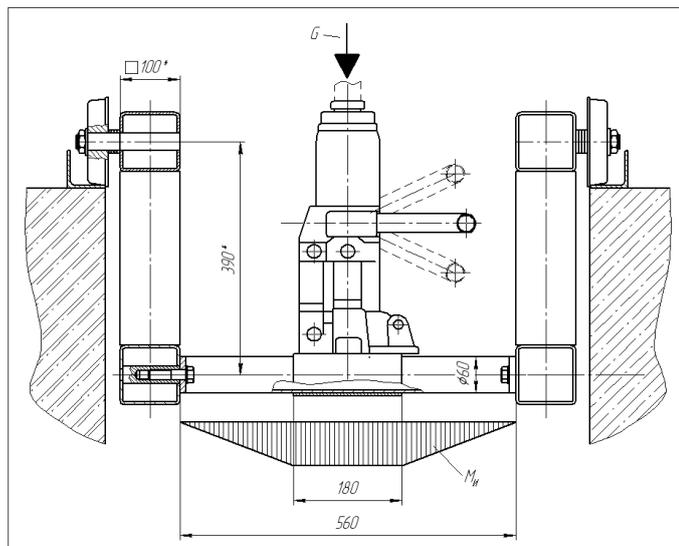


Рисунок 12 - Эпюра нагружения швеллера

«Для расчета находим максимальный изгибающий момент» [6]:

$$M_{и} = G \cdot \left(\frac{560-180}{2} \right) - \text{согласно эпюре нагружения,}$$

где « $G = 380$ кг – веса перечисленных ранее агрегатов согласно КД, но поскольку конструкция рамы предусматривает две таких трубы, то получаем: $G = 380/2 = 190$ кг» [6].

$$\left(\frac{560-180}{2} \right) = 190 \text{ мм, плечо действия силы } G.$$

Тогда: $M_{и} = 190 \cdot 190 = 36100 \text{ кг} \cdot \text{мм} = 3610 \text{ кг} \cdot \text{см}.$

«Момент сопротивления трубы определяем по формуле» [6]:

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \cdot \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right), \text{ см}^3,$$

где « $D = 60 \text{ мм} = 6 \text{ см}$ – наружный диаметр трубы,

$d = 50\text{мм} = 5\text{см}$ – внутренний диаметр трубы, тогда» [6]:

$$W = \frac{3,14 \cdot 6^3}{32} \cdot \left(1 - \left(\frac{5}{6}\right)^4\right) = 11 \text{ см}^3,$$

Тогда получаем: $\sigma_{\text{изг}} = \frac{3610}{11} = 328,2 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} = 32,82 \text{ МПа}$.

В итоге: $\sigma_{\text{изг}} \leq [\sigma_{\text{изг}}] = 85\text{МПа}$ – для марки Ст3 (при знакопеременной нагрузки Ш)» [22]. Условие выполняется, значит расчет произведен верно.

3.4 Паспорт на канавный подъемник для снятия коробки передач автомобиля КамАЗ-65115

В целях постоянного улучшения эксплуатационных характеристик изделия производитель оставляет за собой право вносить несущественные изменения в конструкцию, не влияющие на: основные технические параметры, принцип работы оборудования, безопасность эксплуатации.

Общие сведения об изделии.

Наименование изделия: канавный подъемник для снятия-установки коробки передач автомобиля КамАЗ-65115.

«Данное оборудование необходимо для проведения монтажных и демонтажных работ при обслуживании и ремонте грузового автотранспорта. Оно применяется: в профильных авторемонтных мастерских, на СТО, специализирующихся на грузовых автомобилях» [23].

Конструкция устройства позволяет эффективно использовать его в условиях профессиональных автосервисов и ремонтных предприятий.

Основные технические данные и характеристики:

- тип – передвижной (рельсовый) канавный подъемник;
- максимальная грузоподъемность, 600 кг;
- максимальный ход штока, 420 мм;
- габаритные размеры, высота 600 мм, ширина 930 мм, длина 1140 мм;

– масса подъемника в сборе, 60 кг.

Допускаемая разность развесовки по домкратам, % (не более) 20.

Дополнительные сведения:

- устанавливается на канаву на внутренние поверхности уголков (рельсов);
- практичный ручной привод;
- высокая универсальность обеспечивается сменными упорами для различных видов работ (под различные агрегаты);
- способ передвижения - ручной, вдоль осмотровой канавы. Тележка с гидродомкратами имеет возможность перемещения поперек канавы;
- изготавливается под ширину осмотровой канавы заказчика.

Комплект поставки представлен в таблице 8.

Таблица 8 – Комплект поставки

Наименование	Обозначение	Кол-во	Примечания
Рама боковая в сборе	XXX.XX.XX	2	–
Рама нижняя в сборе	XXX.XX.XX	1	подвижная
Домкрат гидравлический	№ 3.6	2	–
Колесные опоры	XXX.XX.XX	4	–
Комплект метизов	–	1	–
Паспорт	XXX ПС	1	–

Указание мер безопасности.

Операторы подъемника должны в обязательном порядке изучить его устройство и принцип работы по технической документации, а также пройти инструктаж по безопасности согласно И37.101.7087-94.

Эксплуатация разрешена только исправного оборудования, при строгом соблюдении весовых ограничений (максимум 600 кг с равномерным распределением нагрузки между домкратами $\pm 20\%$).

Техническое обслуживание.

Эксплуатация подъемника требует систематического контроля технического состояния: ежемесячной смазки осей Литол-24, полугодовой проверки затяжки соединений и регулярного осмотра рамы на повреждения.

В гарантийный период запрещена самостоятельная разборка. Хранение допускается только в крытых помещениях с естественной вентиляцией по нормам ГОСТ 15150-69 (категория II) [25].

Гарантийные обязательства.

Изготовитель гарантирует соответствие подъемника техническим характеристикам при условии соблюдения всех правил эксплуатации. Гарантия действует 1 год с момента ввода в эксплуатацию или 1,5 года с даты отгрузки (в зависимости от того, что наступает ранее).

Гарантийные обязательства аннулируются при нарушении правил использования оборудования.

Транспортировка.

Подъемник транспортируется к месту назначения на внутривозовском транспорте. Транспортирование производить самоходным электроштабелером или автопогрузчиком. При транспортировании подъемника не допускать случайных ударов его о посторонние предметы.

Свидетельство о приемке.

Канавный подъемник для снятия/установки коробки передач автомобиля КамАЗ-65115 заводской номер №_____ испытан, соответствует техническим характеристикам настоящего паспорта, конструкторской документации и признан годным к эксплуатации.

Дата выпуска 2025 год

МП

Слесарь-сборщик _____/подпись/ _____/дата/

Контролер ОТК _____/подпись/ _____/дата/

Начальник цеха _____/подпись/ _____/дата/

Сведения о рекламации.

Потребитель предъявляет претензии предприятию изготовителю по следующим условиям: в гарантийный период неисправные детали подлежат бесплатной замене при условии предоставления правильно оформленного акта-рекламации.

Документ должен быть составлен с участием руководства предприятия в 5-дневный срок и направлен производителю вместе с поврежденными компонентами не позднее 20 дней. В акте необходимо указать полные сведения об изделии и обстоятельствах поломки. Нарушение данного порядка является основанием для отказа в гарантийном обслуживании.

Выводы: в разделе представлена конструкторская разработка канавного подъемника. Проект полностью соответствует требованиям ТЗ, обеспечивает максимальную функциональность, отличается простотой конструкции, гарантирует безопасность работ, позволяет легко адаптироваться под различные агрегаты.

4 Технологический процесс снятия КП с автомобиля КамАЗ-65115

4.1 Назначение и требования

«Коробка передач (КП) автомобиля КамАЗ предназначена для изменения крутящего момента и скорости вращения колёс в зависимости от дорожных условий и нагрузки, обеспечения движения задним ходом, длительного отключения двигателя от трансмиссии (нейтральная передача), повышения топливной экономичности за счёт оптимального подбора передаточных чисел» [23].

К коробке передач предъявляются следующие требования:

- надёжность и долговечность, ресурс работы должен соответствовать 250–300 тыс. км пробега (для механических КП);
- устойчивость к перегрузкам (особенно в условиях бездорожья и при работе с прицепами);
- минимальный риск поломки шестерён и синхронизаторов.

Эффективность и КПД: минимальные потери мощности (КПД механической КП – 92–95%), плавное переключение передач без рывков и пробуксовок, оптимальное соотношение передаточных чисел для разных режимов (разгон, движение под нагрузкой, экономичный режим).

КП обеспечивает удобство управления. Лёгкость переключения особенно важна для многоступенчатых КП, например, 10-, 12-, 16-ступенчатых.

Таким образом, коробка передач должна обеспечивать надёжность, плавность хода и экономичность в условиях высоких нагрузок.

Современные модели оснащаются многоступенчатыми и автоматизированными КП, что повышает их эффективность в дальнобойных и строительных перевозках [3].

4.2 Характерные неисправности

Коробка передач грузовиков КамАЗ является надежным, но сложным узлом, подверженным типичным поломкам из-за высоких нагрузок. Рассмотрим основные неисправности, их причины и методы ремонта.

Проблемы с переключением передач характеризуются тяжелым или невозможным включением передач, хруст или скрежет при переключении, самопроизвольное выбивание передачи. Причинами являются износ синхронизаторов, деформация вилок переключения, низкий уровень/загрязнение масла, неправильная регулировка привода.

Шум и вибрацию можно услышать при поломках КП, особенно при нагрузке. Причинами являются износ подшипников первичного, вторичного валов, люфт шестерен, недостаточная смазка.

Течь масла можно заметить при износе сальников валов, повреждении прокладок, трещинах в картере КПП.

При перегреве коробки слышен запах горелого масла, наблюдается снижение эффективности работы, может наблюдаться повышенный шум при нагреве. Причинами является: перегруз автомобиля, некачественное или старое масло, забитый масляный радиатор, проблемы с системой охлаждения.

Неисправности делителя (для многоступенчатых КПП) выявляются при проблеме с включением повышенных/пониженных рядов, утечкой воздуха (для пневмопривода), самопроизвольное выключение. Причинами является: износ шестерен делителя, проблемы с пневмосистемой, недостаточная смазка узла.

Профилактика неисправностей: своевременная замена масла (каждые 60-90 тыс. км), использование только рекомендованных смазочных материалов, правильная регулировка привода переключения, избегание перегрузок и резких стартов, периодическая проверка состояния сальников и прокладок, поскольку многие проблемы КПП КамАЗ начинаются с неправильной эксплуатации.

При первых симптомах рекомендуется диагностика, чтобы избежать дорогостоящего ремонта.

4.3 Технологический процесс снятия КП автомобиля КамАЗ

Технологическая карта снятия КП автомобиля КамАЗ представлена в таблице 9.

Таблица 9 – Технологическая карта снятия КП автомобиля КамАЗ

Наименование операции, перехода	Кол-во точек воздействия	Оборудование	Трудоемкость, чел-мин	Примечание
Снятие коробки переключения передач	–	–	–	–
Отключить от электроцепи аккумуляторные батареи	1	Ключ гаечный открытый 14,17	0,5	–
Отвернуть болты крепления панелей защитного экрана моторного отсека	42	Головка сменная 13,10,гайковёрт	24,0	–
Снять панели	–	–	1,2	–
Поднять панель моторного отсека	1	–	0,2	–
Отвернуть болты крепления люка доступа к коробке передач	7	Головка сменная 13	3,0	–
Снять люк	–	–	1,0	–
Отвернуть болты и гайки крепления хомутов правой передней приемной трубы	6	Ключ гаечный открытый 17	6,0	–
Снять трубу	–	–	1,0	–
Отсоединить воздухопровод от штуцера пневмогидроусилителя привода сцепления	1	Ключ гаечный открытый 17	0,8	–
Снять пружину	1	Пассатижи	1,2	–
Отвернуть болты крепления пневмогидроусилителя	2	Ключ гаечный накидной, открытый 19	4,5	–
Отвести пневмогидроусилитель в сторону	–	–	0,5	–
Отсоединить штекерные разъемы пучка задних фонарей на коробке передач	2	–	0,5	–
Отсоединить провод от датчика заднего хода	1	Отвертка	0,8	–
Отсоединить провод от датчика привода спидометра	1	Отвертка	0,8	–

Продолжение таблицы 9

Наименование операции, перехода	Кол-во точек воздействия	Оборудование	Трудоемкость, чел-мин	Примечание
Отсоединить провода стартера	3	Ключ гаечный открытый 10, 19	3,2	–
Отвернуть болты и гайку крепления стартера	4	Ключ гаечный открытый, накидной 24, 19	18,0	–
Снять стартер	–	–	2,0	–
Отвернуть болты крепления кронштейна правой задней приемной трубы от коробки передач	2	Ключ гаечный открытый, накидной 19	2,0	–
Отвернуть болты крепления фланца карданного вала к фланцу коробки передач	4	Ключ гаечный открытый, накидной 22	10,5	–
Отсоединить наконечник троса привода механизма переключения передач и оболочку троса от кронштейна коробки передач	4	Ключ гаечный открытый 17	5,8	–
Отвернуть гайки крепления механизма переключения передач	4	Ключ гаечный торцевой 19	3,0	–
Снять механизм переключения передач	–	–	1,8	–
Ослабить гайки крепления обоймы подушки поддерживающей опоры силового агрегата	2	Ключ гаечный торцевой 19	4,8	–
Отвернуть болты крепления балки поддерживающей опоры силового агрегата от кронштейнов на раме	2	Ключ гаечный открытый, накидной 24	11,0	–
Снять балку	–	–	1,2	–
Ослабить болты крепления передней опоры силового агрегата	2	Ключ гаечный накидной 24	4,0	–
Отвернуть гайки болтов крепления кронштейнов задних	2	Ключ гаечный	20,0	–

Продолжение таблицы 9

Наименование операции, перехода	Кол-во точек воздействия	Оборудование	Трудоемкость, чел-мин	Примечание
опор силового агрегата	–	накидной, открытый 30	–	–
Отвернуть болты крепления картера коробки передач к картеру маховика двигателя	12	Ключ гаечный торцевой, накидной, открытый 19	18,0	Два легкодоступных болта не откручивать
Установить опору подъемника под картер маховика двигателя	–	Подъемник канавный	3,0	–
Приподнять силовой агрегат до выхода задних опор силового агрегата из кронштейнов рамы	–	Подъемник канавный	20,0	–
Установить приспособление для снятия коробки передач на люк доступа к коробке передач	2	Приспособление для снятия коробки передач П-235 М	2,0	–
Установить захваты на коробку передач	–	Приспособление для снятия коробки передач П-235 М	1,0	–
Отвернуть оставшиеся болты	–	Ключ гаечный торцевой, накидной, открытый 19	1,0	–
Отвести коробку передач вперед	–	Приспособление для снятия коробки передач П-235 М	1,0	–
Снять коробку передач	–	Тележка для перемещения агрегатов	1,5	–
Снятие сцепления	–	–	–	–
Ввернуть технологические болты в нажимной диск	4	Ключ гаечный открытый 17, болт технологический М10х1,25х62		Болты ввернуть до упора в кожух

Продолжение таблицы 9

Наименование операции, перехода	Кол-во точек воздействия	Оборудование	Трудоемкость, чел-мин	Примечание
Отвернуть болты крепления кожуха нажимного диска к маховику	12	Ключ гаечный торцевой 13,17	18,0	–
Снять нажимной диск	–	–	2,0	–
Снять ведомый диск сцепления	1	–	1,0	–
Снять средний диск сцепления	1	–	1,0	–
Снять ведомый диск сцепления	1	–	1,0	–

Исполнитель: слесарь по ремонту автомобилей 4-го разряда.

Общая трудоемкость: 3,4 чел-час.

Выводы: в разделе рассмотрены основные неисправностей КП и представлена технологическая карта снятия КП с автомобиля КамАЗ. Правильная диагностика и своевременный ремонт с соблюдением технологического процесса обеспечивают надежную работу автомобиля КамАЗ. Использование качественных комплектующих и соблюдение рекомендаций по эксплуатации значительно увеличивают ресурс узла и снижают вероятность внеплановых ремонтов.

5 Безопасность и экологичность объекта

Технический объект – канавный подъемник. Канавный подъемник представляет собой специализированное устройство, предназначенное для вертикального или наклонного перемещения сыпучих, кусковых или штучных грузов в промышленных и сельскохозяйственных условиях. Конструкция подъемника включает в себя жесткую раму, на которой закреплены бесконечные цепи или ленты с прикрепленными ковшами, скребками или другими грузозахватными элементами. Привод механизма осуществляется с помощью электродвигателя, передающего крутящий момент через редуктор на приводной барабан или звездочку, что обеспечивает непрерывное движение тягового органа.

Груз загружается в нижней части подъемника через загрузочный лоток или воронку, после чего захватывается рабочими элементами и транспортируется вверх по направляющим. В верхней точке происходит выгрузка материала под действием силы тяжести или центробежной силы через разгрузочный патрубок. Канавный подъемник отличается высокой производительностью и надежностью, особенно в условиях ограниченного пространства, где требуется компактное решение для вертикального транспортирования.

Ключевыми преимуществами конструкции являются герметичность, минимизирующая потери материала и пылеобразование, а также возможность работы с абразивными, горячими или агрессивными средами при использовании соответствующих материалов исполнения. Устройство широко применяется в горнодобывающей, металлургической, химической промышленности, а также в зерноперерабатывающих комплексах. Для обеспечения долговечности канавные подъемники оснащаются системами защиты от перегрузок, износостойкими покрытиями и регулярно обслуживаются для проверки натяжения тяговых элементов и состояния подшипниковых узлов.

Проверку и замену сцепления КАМАЗ выполняют слесари по ремонту автомобилей 3-го разряда. Сцепление меняется при пробуксовке, вибрациях,

сложном переключении передач или износе дисков. Порядок работ: демонтаж КПП (с помощью канавного подъемника), снятие корзины сцепления – откручивание болтов крепления, извлечение нажимного диска, извлечение ведомого диска и проверка состояния шлицев, осмотр выжимного подшипника и муфты – при износе или люфтах замена обязательна, установка нового сцепления – центровка ведомого диска, монтаж корзины с соблюдением момента затяжки, проверка работы выжимного механизма – регулировка свободного хода педали, установка КПП и проверка работы сцепления (плавность включения, отсутствие пробуксовки).

После всех работ проводится тест-драйв для проверки корректности переключения передач и работы сцепления. При необходимости выполняется дополнительная регулировка.

При замене сцепления на автомобиле КАМАЗ слесарь подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [26]. Эти факторы делятся на физические, химические, биологические и психофизиологические.

«Физические опасные и вредные факторы

- повышенная запыленность и загазованность воздуха (при работе в гараже или цехе с плохой вентиляцией);
- повышенный уровень шума и вибрации» [26] (от работы пневмоинструмента, ударов молотком, работы двигателя при проверке);
- неблагоприятные микроклиматические условия (холод, жара, сквозняки, повышенная влажность);
- движущиеся части оборудования (риск защемления пальцев при работе с домкратом, подъемником или при монтаже КПП);
- острые кромки и заусенцы (порезы при работе с металлическими деталями);

- падение тяжелых предметов (например, КПП или корзины сцепления при неаккуратном демонтаже);
- опасность поражения электрическим током (при использовании электроинструмента с поврежденной изоляцией);
- повышенное давление в пневмосистемах (риск разрыва шлангов или травмы от сжатого воздуха) [26].

Химические вредные факторы:

- контакты с техническими жидкостями (моторное и трансмиссионное масла, тормозная жидкость – могут вызывать раздражение кожи и аллергию);
- вдыхание паров нефтепродуктов (воздействие на дыхательные пути и ЦНС);
- аэрозоли при работе с очистителями и растворителями (раздражают слизистые оболочки) [26].

Психофизиологические факторы: физические перегрузки (длительное нахождение в неудобной позе, подъем тяжестей), нервно-психические перегрузки (монотонность работы, стресс из-за сжатых сроков ремонта), перенапряжение зрительного анализатора (работа при плохом освещении) [26].

Для минимизации рисков слесарю необходимо использовать СИЗ (перчатки, защитные очки, спецодежду, респиратор) в соответствии с Приказом Минтруда РФ от 29.10.2021 № 767н [29], соблюдать правила техники безопасности при работе с инструментом, обеспечивать хорошую вентиляцию рабочего места, применять эргономичный инструмент и подъемные механизмы, проходить регулярные медосмотры. Эти меры помогают снизить профессиональные риски и сохранить здоровье работника.

Проведем оценку профессиональных рисков при замене сцепления методом контрольных листов, в соответствии с Приказом Минтруда № 926 от 28.12.2021 [30]. Оценка общих организационных мер представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Оценка общих организационных мер

Контрольный вопрос	Соответствие (Да/Нет)	Меры при несоответствии
Проведен ли целевой инструктаж перед началом работ?	Да/Нет	Допуск к работе только после инструктажа
Имеется ли технологическая карта на замену сцепления?	Да/Нет	Разработать и утвердить ТК
Проверено ли состояние инструмента и оборудования?	Да/Нет	Запретить использование неисправного инструмента
Обеспечены ли рабочие СИЗ?	Да/Нет	Выдать недостающие СИЗ (перчатки, очки, спецобувь)

Оценка опасности механического характера представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Оценка опасности механического характера

Контрольный вопрос	Соответствие (Да/Нет)	Меры при несоответствии
Зафиксирован ли автомобиль противооткатными упорами?	Да/Нет	Установить упоры перед началом работ
Используются ли страховочные стропы при демонтаже КПП?	Да/Нет	Применить грузозахватные приспособления
Проверено ли состояние подъемных механизмов?	Да/Нет	Запретить использование неисправных домкратов/тельферов
Исключена ли возможность падения деталей?	Да/Нет	Организовать зону складирования инструмента и узлов

Оценка опасности воздействия химических и физических факторов представлена в таблице 12.

Таблица 12 – Оценка опасности воздействия химических и физических факторов

Контрольный вопрос	Соответствие (Да/Нет)	Меры при несоответствии
Обеспечена ли вентиляция в рабочей зоне?	Да/Нет	Установить вытяжную вентиляцию или организовать проветривание
Используются ли респираторы при работе с маслами и растворителями?	Да/Нет	Обеспечить работников СИЗ органов дыхания
Имеются ли обезжиривающие средства с низкой токсичностью?	Да/Нет	Заменить агрессивные составы на менее вредные аналоги
Обеспечено ли достаточное освещение рабочей зоны?	Да/Нет	Установить переносные светильники при необходимости

Оценка эргономических и психофизиологических рисков представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Оценка эргономических и психофизиологических рисков

Контрольный вопрос	Соответствие (Да/Нет)	Меры при несоответствии
Используются ли подъемные механизмы для перемещения КПП?	Да/Нет	Применить тельфер или трансмиссионный домкрат
Обеспечены ли перерывы в работе?	Да/Нет	Внести в график регламентированные перерывы
Проводится ли контроль за состоянием работника?	Да/Нет	Обучить руководителей распознаванию признаков переутомления

На основании контрольного листа определяем:

- допустимый риск – если все меры соблюдены;

- умеренный риск – если выявлены незначительные нарушения (отсутствие отдельных СИЗ, недостаточная вентиляция);
- высокий риск – если отсутствуют ключевые меры безопасности (нефиксированный автомобиль, неисправный инструмент).

Рекомендации по снижению рисков:

- при высоком риске – приостановить работы до устранения нарушений;
- при умеренном риске – внести корректировки в процессе работы (дополнить СИЗ, усилить контроль);
- при допустимом риске – продолжить работу с соблюдением всех норм.

Метод контрольных листов позволяет системно оценить риски и оперативно принять меры по их минимизации. Результаты оценки должны быть зафиксированы в журнале учета рисков и учтены в СУОТ предприятия.

На СТО при осуществлении ремонтных работ могут произойти следующие классы пожаров в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 [27], СП 12.13130.2009 [31].

Опасные факторы пожара в соответствии с ФЗ-123 [34]: испарение разлитых масел и топлива, переливание жидкостей, трение, абразивная обработка деталей. Обязательные противопожарные мероприятия на СТО: оборудовать пост ремонта противопожарным щитом (ОП-5), обеспечить наличие огнетушителей: ОП-4 (порошковый) - для классов В, С, Е, ОУ-5 (углекислотный) - для электрооборудования, установить вытяжную вентиляцию в помещении. Персоналу: проходить ежегодный противопожарный инструктаж, использовать только искробезопасный инструмент, немедленно убирать пролитые ГСМ с помощью сорбентов. Организационные меры: разработать инструкцию по пожарной безопасности для данного вида работ, внести зону замены сцепления в перечень пожароопасных участков, обеспечить круглосуточный доступ к средствам пожаротушения.

Проведем анализ экологической безопасности на СТО при замене сцепления. При замене сцепления на СТО основными источниками воздействия на окружающую среду являются отходы производства: отработанное

трансмиссионное масло, изношенные детали сцепления (диски, корзина, выжимной подшипник), загрязненные обтирочные материалы (ветошь, салфетки), упаковочные материалы (картон, пластик).

Негативное воздействие на атмосферу: пары нефтепродуктов при сливе масла, пыль при очистке деталей, испарения растворителей и моющих средств.

Загрязнение почвы и воды в результате разлива масел и технических жидкостей, попадания моющих средств в ливневую канализацию.

Шумовое загрязнение в результате работы пневмо- и электроинструмента, а также ударные нагрузки при демонтаже/монтаже узлов.

Замена сцепления относится к работам с умеренным экологическим риском. Соблюдение природоохранных мероприятий позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Выводы: в разделе представлен анализ безопасности при эксплуатации оборудования. Проведен анализ опасных и вредных факторов, воздействующих на слесаря, разработаны контрольные листы для оценки профессиональных рисков при замене сцепления в соответствии с Приказом Минтруда № 926 от 28.12.2021. В разделе описаны опасные факторы пожара в соответствии с ФЗ-123 и представлены обязательные противопожарные мероприятия на СТО. Проведен анализ экологической безопасности на СТО. Выявлено, работы по замене сцепления классифицированы как операции со средним уровнем экологической опасности. Строгое соблюдение экологических норм и регламентов обеспечивает снижение вредного воздействия на экосистему.

Заключение

В первом разделе произведен технологический расчет АТП. В ходе технологического расчета были определены основные параметры производственного процесса, включая трудоемкость операций, необходимое количество оборудования и рабочих мест.

Во втором разделе представлен поиск аналогов конструкции КП для последующей разработки. Проведен экспертный анализ, существующего в этом направлении, оборудования и в качестве прототипа для разработки, выбрана модель канавного подъемника ПНК-10. По итогу проведенного экспертного анализа, наибольший суммарный балл (1,060) был присвоен подъемнику ПНК-10, что свидетельствует о его превосходстве по совокупности оцениваемых параметров над другими рассматриваемыми моделями, поэтому выбираем подъемник ПНК-10. Ключевые достоинства ПНК-10: высокая грузоподъемность (до 10 тонн) – надежная работа с грузовиками, автобусами и спецтехникой, компактная конструкция – не требует глубокой канавы, экономит пространство в сервисе, гидropневматический привод – плавный подъем и фиксация без рывков, усиленная рама – устойчивость даже при максимальной нагрузке, простое обслуживание – минимальное количество изнашиваемых деталей. Циклограмма оборудования выполнена с использованием графического метода и представлена на листе 3 к графической части ВКР.

В третьем разделе представлена конструкторская разработка канавного подъемника. Проект полностью соответствует требованиям ТЗ, обеспечивает максимальную функциональность, отличается простотой конструкции, гарантирует безопасность работ, позволяет легко адаптироваться под различные агрегаты.

В четвертом разделе рассмотрены основные неисправностей КП и представлена технологическая карта снятия КП с автомобиля КамАЗ. Правильная диагностика и своевременный ремонт с соблюдением технологического процесса обеспечивают надежную работу автомобиля КамАЗ.

Использование качественных комплектующих и соблюдение рекомендаций по эксплуатации значительно увеличивают ресурс узла и снижают вероятность внеплановых ремонтов.

В пятом разделе представлен анализ безопасности при эксплуатации оборудования. Проведен анализ опасных и вредных факторов, воздействующих на слесаря, разработаны контрольные листы для оценки профессиональных рисков при замене сцепления в соответствии с Приказом Минтруда № 926 от 28.12.2021. В разделе описаны опасные факторы пожара в соответствии с ФЗ-123 и представлены обязательные противопожарные мероприятия на СТО. Работы по замене сцепления классифицированы как операции со средним уровнем экологической опасности. Строгое соблюдение экологических норм и регламентов обеспечивает снижение вредного воздействия на экосистему.

Список используемых источников

1. Автомобили. Технический сервис [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. В. Кузьмин, С. Н. Шуханов, А. И. Мартыненко, В. Д. Коваливнич. Иркутск : Иркутский ГАУ, 2015. 191 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/143172> (дата обращения: 29.03.2025).
2. Автомобильный транспорт [Электронный ресурс]: Официальный сайт журнала. URL: <https://transport-at.ru/> (дата обращения: 08.05.2025).
3. Андреева Н.А. Основы технологии производства и ремонта транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. А. Андреева. Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2020. 180 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/145115> (дата обращения: 21.12.2025).
4. Андреева Н.А. Технологическое оборудование для технического обслуживания и ремонта [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.А. Андреева, А. В. Кудреватых, А. С. Ащеулов. Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2021. 129 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/193886> (дата обращения: 18.02.2025).
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора - машиностроителя: В 3-х т. Т.3. 5-е изд. М.: М.
6. Атапин В.Г. Основы конструирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Г. Атапин. Новосибирск : НГТУ, 2021. 182 с. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778244337.html> (дата обращения: 10.04.2025).
7. Богданов А.Ф. Производственно-техническая инфраструктура предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Ф. Богданов, С. В. Урушев. Санкт-Петербург : ПГУПС, 2015. 118 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/66420> (дата обращения: 08.04.2025).

8. Болбас М.М. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: Уч. пособие / М.М. Болбас и др.- Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2004 - 320 с.
9. ГАРО-Трейд [Электронный ресурс]: Официальный сайт. URL: www.garotrade.ru (дата обращения: 28.04.2025).
10. Датчик крутящего момента T10F [Электронный ресурс]: Официальный сайт. URL: <http://www.kwt.ru/catalog/torque/datchik-krutyashchego-momenta-t10f/> (дата обращения: 05.04.2025).
11. Епишкин В.Е. Проектирование станций технического обслуживания автомобилей [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Е. Епишкин, А. П. Караченцев, В. Г. Остапец. ТГУ. Тольятти : ТГУ, 2012. 194 с. URL: <https://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/316> (дата обращения: 03.02.2025).
12. Иванов А. С. Типаж и эксплуатация технологического оборудования автотранспортных предприятий [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. С. Иванов. Пенза : ПГАУ, 2019. 117 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/131181> (дата обращения: 17.03.2025).
13. Кантователь. Пат. 11783, Рос. Федерация. № 99108081/20 / Саньков С.Ф.; заявл. 19.04.1999 ; опубл. 16.11.1999, Бюл. №9. 7 с.
14. Кантователь. Пат. 259963, Китай. № CN102179783 / Naoling Ni, Gongzheng Liu; заявл. 12.09.2019 ; опубл. 15.01.2020, Бюл. №7. 11 с.
15. Кантователь. Пат. 28678, Рос. Федерация. № 20030410 / Шкляев В.Н. , Шульга А.А. , Скрипников А.А.; заявл. 01.03.2022 ; опубл. 10.04.2003, Бюл. №4. 6 с.
16. Кантователь. Пат. 60924, Рос. Федерация. № 2006138473/22 / Любименко С.Н.; заявл. 31.10.2006 ; опубл. 10.02.2007, Бюл. №11. 10 с.
17. Кантователь. Пат. 63258, Китай. № 2251478965/20 / Hongliu Pan, Chuanfu Deng; заявл. 07.02.2020 ; опубл. 01.06.2020, Бюл. №4. 9 с.
18. Кантователь. Пат. 89652, Китай. № 22554635/20 / Chunchao Dong; заявл. 02.03.2002 ; опубл. 11.12.2002, Бюл. №7. 11 с.

19. Кантователь. Пат. 96123810/20, Рос. Федерация. № 798301 / Савватеев А.Д. , Пахомов А.В. , Мануйлов А.Б. , Новицкий Б.Б. , Гуревич Ю.С.; заявл. 19.12.1996 ; опубл. 16.10.1998, Бюл. №5. 5 с.

20. Классификатор УДК [Электронный ресурс]: Справочник по УДК. URL: <https://www.teacode.com/online/udc> (дата обращения: 03.02.2025).

21. Коваленко Н. А. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н. А. Коваленко. – Москва : НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2016. 229 с. URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/525206> (дата обращения: 24.03.2025).

22. Магнитопорошковые динамометры серии РВ [Электронный ресурс]: Официальный сайт. URL: https://www.magtrol.ru/catalog/test_motor/magntor_dynamometer.html (дата обращения: 05.04.2025).

23. Малкин В. С. Основы проектирования технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс]: электрон. учеб.-метод. пособие / В. С. Малкин. Тольятти : ТГУ, 2019. 62 с. : ил. - Прил. : с. 54-62. URL: <http://dspace.tltsu.ru/handle/123456789/8846> (дата обращения: 05.03.2025).

24. Малкин В. С. Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. С. Малкин. Тольятти : ТГУ, 2016. - 451 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/139784> (дата обращения: 05.03.2025).

25. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды [Электронный ресурс]: ГОСТ 15150-69. Межгосударственный стандарт (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 29.12.1969 № 1394) (ред. от 27.11.2012). URL: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://rosgosts.ru/file/gost/21/020/gost_15150-69.pdf?ysclid=matxjtjgl6656436417 (дата обращения: 28.04.2025).

26. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]: chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://lyc8krsk.gosuslugi.ru/netcat_files/32/50/GOST_12.0.003_2015_Mezhgosudarstvennyy_standart_Opasnye_i_vredny_e_proizvodstvennyye_factory.pdfГОСТ 12.0.003-2015 (введен в действие Приказом Росстандарта от 09.06.2016 № 602-ст). URL: <https://e.lanbook.com/book/167904> (дата обращения: 01.05.2025).

27. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ 12.1.004-91 (утв. Постановлением Госстандарта СССР от 14.06.1991 № 875) (ред. от 01.10.1993). URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/gost_gosudarstvennyj-standart/5/gost_12_1_004-91_mezhgosudarstvennyy_standart_sistema.html?ysclid=ma17964wyy268688622 (дата обращения: 02.05.2025).

28. Мишин М. М. Проектирование предприятий технического сервиса [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / М. М. Мишин, П. П. Кузнецов. Воронеж : Мичуринский ГАУ, 2008. 24 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/47180> (дата обращения: 03.03.2025).

29. Об утверждении Единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 767н (Зарегистрировано в Минюсте России 29.12.2021 № 66671). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405226/ (дата обращения: 03.05.2025).

30. Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=411523&ysclid=ma14ye5pqc96627147> (дата обращения: 01.05.2025).

31. Об утверждении свода правил «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [Электронный ресурс]: Приказ МЧС РФ от 25.03.2009 № 182 (ред. от 09.12.2010) (вместе с «СП 12.13130.2009...»). URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=172093&ysclid=ma17b78wrm10367175> (дата обращения: 03.05.2025).

32. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]: КС-02 – URL: <http://kamaregion.ru/instrukcii/pasportstenda-077-2.pdf> (дата обращения: 25.03.2025).

33. Смирнов Ю. А. Эксплуатация автомобилей, машин и тракторов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю. А. Смирнов. 1-е изд. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 236 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/202997> (дата обращения: 18.04.2025).

34. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023). URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 02.05.2025).

35. Техсправочник. Гидромеханическая передача мод. D851.3E [Электронный ресурс] : Официальный сайт. URL: <http://kama-avtodetal.ru/tehspravochnik/agregaty-transmissii-avtomobilya-kamaz/gidromehhanicheskaya-peredacha-mod-D-851ze/> (дата обращения: 17.04.2025).

36. Трофимов Б. С. Производственно-техническая инфраструктура автотранспортного предприятия: общие положения и типовые решения [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Б. С. Трофимов, Н. Г. Певнев. Омск : СибАДИ, 2021. 56 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/192321> (дата обращения: 02.01.2025).

37. Федеральный институт промышленной безопасности [Электронный ресурс]: Официальный сайт. URL: <https://www1.fips.ru/?ysclid=matng0cvyk119542510> (дата обращения: 03.05.2025).

38. Шиловский В.Н. Сервисное обслуживание и ремонт машин и оборудования [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. Н. Шиловский, А. В. Питухин, В. М. Костюкевич. Санкт-Петербург : Лань, 2022. 240 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/206006> (дата обращения: 28.04.2025).

39. Юнусов Г.С. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования. Курсовое проектирование [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. С. Юнусов, А. В. Михеев, М. М. Ахмадеева. 2-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург : Лань, 2021. 160 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/167904> (дата обращения: 08.02.2025).

40. TROMMELBERG [Electronic resource]: Official website. URL: <https://trommelberg.ru/?ysclid=matrzgqsc9597054978> (date of request: 28.04.2025).