

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)

23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Задняя спортивная подвеска для автомобиля Lada Granta

Студент

С.В. Марков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

(И.О. Фамилия)

Консультанты

канд. техн. наук, доцент И.В. Дерябин

(И.О. Фамилия)

канд. техн. наук, доцент О.М. Сярдова

(И.О. Фамилия)

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

(И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Устойчивость на дороге, удобство обслуживания и не дороговизна, безопасное вождение, значительный срок ресурса автомобиля, лучшая эффективность всех систем автомобиля таковым должен быть сегодня автомобиль.

Тема дипломного проекта «Задняя спортивная подвеска для автомобиля Lada Granta». Из-за всеобщего усложнения мира и его скорости автомобиль просто обязан обеспечивать тот ритм жизни человека, который есть сейчас в настоящее время, и поэтому требования к автомобилю тоже возросли, то есть он должен иметь надежную систему зажигания, надежные системы рулевого управления и тормозную систему, комфортную тихую коробку передач, плавное сцепление, хорошее динамичное ускорение.

Графическая часть дипломного проекта состоит из 10 страниц формата А1. Пояснительная записка включает в себя введение, части конструкторской, экономической, безопасности и технологической, а также приложение в виде графиков и спецификаций, всего состоит из 116 страниц формата А4.

«Первая часть посвящена проектированию разрабатываемого узла, его текущим тенденциям развития, а также классификации существующих типов конструкций.

Вторая часть проекта посвящена расчетам конструкции транспортного средства. Эта часть касается динамического расчета транспортного средства, расчета характеристик транспортного средства и расчета конструкции.

Третья часть дипломного проекта - безопасность и экологичность проекта.

Четвертая часть дипломного проекта является технологическим разделом.

Пятая часть посвящена экономическим расчетам себестоимости разрабатываемого узла. Расчет точки безубыточности для данного проекта и расчет экономической эффективности.»[11]

Abstract

Stability on the road, ease of maintenance and not high cost, safe driving, a significant service life of the car, the best efficiency of all car systems, such a car should be today.

The topic of the graduation project is "Rear sports suspension for Lada Granta car". Due to the universal complication of the world and its speed, the car is simply obliged to provide the rhythm of human life that exists now, and therefore the requirements for the car have also increased, that is, it must have a reliable ignition system, reliable steering and braking systems, a comfortable quiet gearbox, smooth clutch, good dynamic acceleration.

The graphic part of the diploma project consists of 10 pages of A1 format. The explanatory note includes an introduction, parts of design, economic, safety and technological, as well as an appendix in the form of graphs and specifications, in total it consists of 116 A4 pages.

«The first part is devoted to the design of the node being developed, its current development trends, as well as the classification of existing types of structures.

The second part of the project is devoted to calculations of the vehicle design. This part concerns the dynamic calculation of the vehicle, the calculation of the characteristics of the vehicle and the calculation of the structure.

The third part of the diploma project is the safety and environmental friendliness of the project.

The fourth part of the diploma project is the technological section.

The fifth part is devoted to economic calculations of the cost of the developed node. Calculation of the break-even point for this project and calculation of economic efficiency.»[11]

Содержание

Введение	5
1 Состояние вопроса	6
1.1 Назначение подвески и её устройство	6
1.2 Классификация подвесок	7
1.3 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции задней подвески	18
2 Конструкторская часть	21
2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля.....	21
2.2 Расчет основных параметров задней подвески автомобиля.....	37
3 Безопасность и экологичность объекта	62
4 Технологическая часть	71
5 Экономическая эффективность проекта	83
Заключение.....	102
Список используемых источников	103
Приложение А Графики тягового расчета.....	106

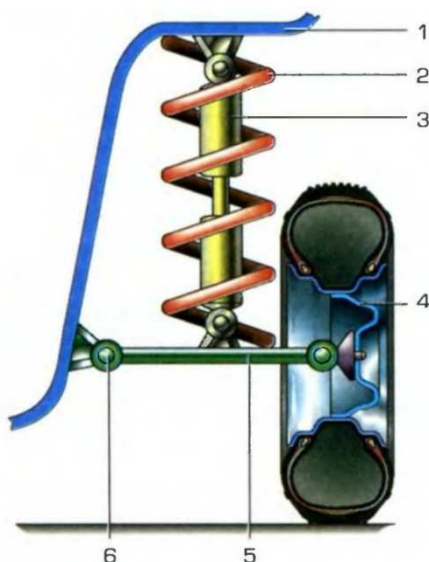
Введение

Вся мировая промышленность развивается очень быстро и для этого очень большое значение имеет появление новых технологий и разработок и инноваций, технических решений. Для существования и жизни всего мира промышленности огромное значение имеет автотранспорт, а именно его очень эффективная работа. Из всех направлений развития мировой экономики автомобилестроение, как отрасль является ведущей. Для ускорения развития промышленности автомобилей необходимо уменьшение трудоемкости техобслуживания, а также уменьшение расхода масла и топлива, все это необходимо для дальнейшего развития технического состояния автомобилей и является основным направлением. А также улучшение и повышение безопасности автомобилей и их надежности, уменьшение токсичности газов выхлопных, уменьшение шумности автомобиля, и уменьшение стоимости материалов на производство автомашин. Необходимо также улучшать аэродинамику кузова автомобиля, и его массу это влечет за собой уменьшение расхода топлива. Еще также возможно повсеместно переводить автомобили на газ метан или дизельное топливо, а также устанавливать более современные двигатели. Чтобы автомобили могли работать в более оптимальных режимах, необходимы электронные технологии, их широкое применение в конструкциях автомобиля это позволит достичь этой цели. Если использовать современные высокопрочные стали, легированные стали, углепластик, алюминий, и многие другие новые технологичные конструкционные материалы можно уменьшить массу автомобиля, что также улучшит топливную экономичность. Для линий производства, работающих в автоматическом режиме, необходимо изготовление деталей высокого качества и обязательно важна высокая точность, этого можно достичь с помощью пространственного моделирования всех деталей, это позволит в перспективе на долго уменьшить трудоемкость конструкторской работы инженеров автомобилестроителей.

1 Состояние вопроса

1.1 Назначение подвески и её устройство

Подвеска передаёт внешние силы на кузов и наоборот, к тому же, при воздействии ударных нагрузок на автомобиль возникает взаимное перемещение несущей системы и колёс, то есть возникают колебания. Снижение этих явлений также входит в одну из основных функций подвески. Подвеска формирует связь несущей системы, то есть кузова, либо рамы с колёсами или мостами, при этом связь упругая. «Рассмотрим для чего нужна подвеска, что входит в основные её функции. Подвеска необходима для снижения передачи динамических нагрузок,»[14] то есть нагрузок, полученных при движении на саму несущую систему, кузов или раму, а также на пассажиров и на грузы. Рассмотрим из чего состоит подвеска. Подвеска состоит из направляющих элементов, которые определяют общую геометрию подвески, а также определяет характер движения колёс от направляющих элементов. Элементы подвески на рисунке 1.[1]-[4]



1 – Кузов; 2 – упругий элемент; 3 – гасящий элемент; 4 – колесо; 5 – направляющий элемент; 6 – шарнир;

Рисунок 1 – Элементы подвески автомобиля

От того какая конструкция является решающим, какая величина усилий передаваемых на упругий её элемент, упругий элемент служит для того, чтобы смягчать толчки, снижают вертикальное ускорение, снижает передачу динамических нагрузок на несущую систему и тем самым улучшает плавность хода. «Также в конструкции подвески присутствует так называемый гасящий элемент ,это устройство которое позволяет энергии возникший при колебаний несущей системы рассеется за счёт трения и последующего нагрева.»[14] Сегодня в основном применяют гидравлические гасящий элементы, в которых рассеяния энергии или ещё это явление называется диссипацией, происходит за счёт трения в жидкости и её последующего нагрева. Но части энергии может рассеиваться за счёт трения в шарнирах подвески или даже за счёт трения между пластиной рессор. В конструкции подвески часто используется упругий элемент, который носит название стабилизатор поперечной устойчивости, служит для уменьшения крена, например, повороте. [4]-[8]

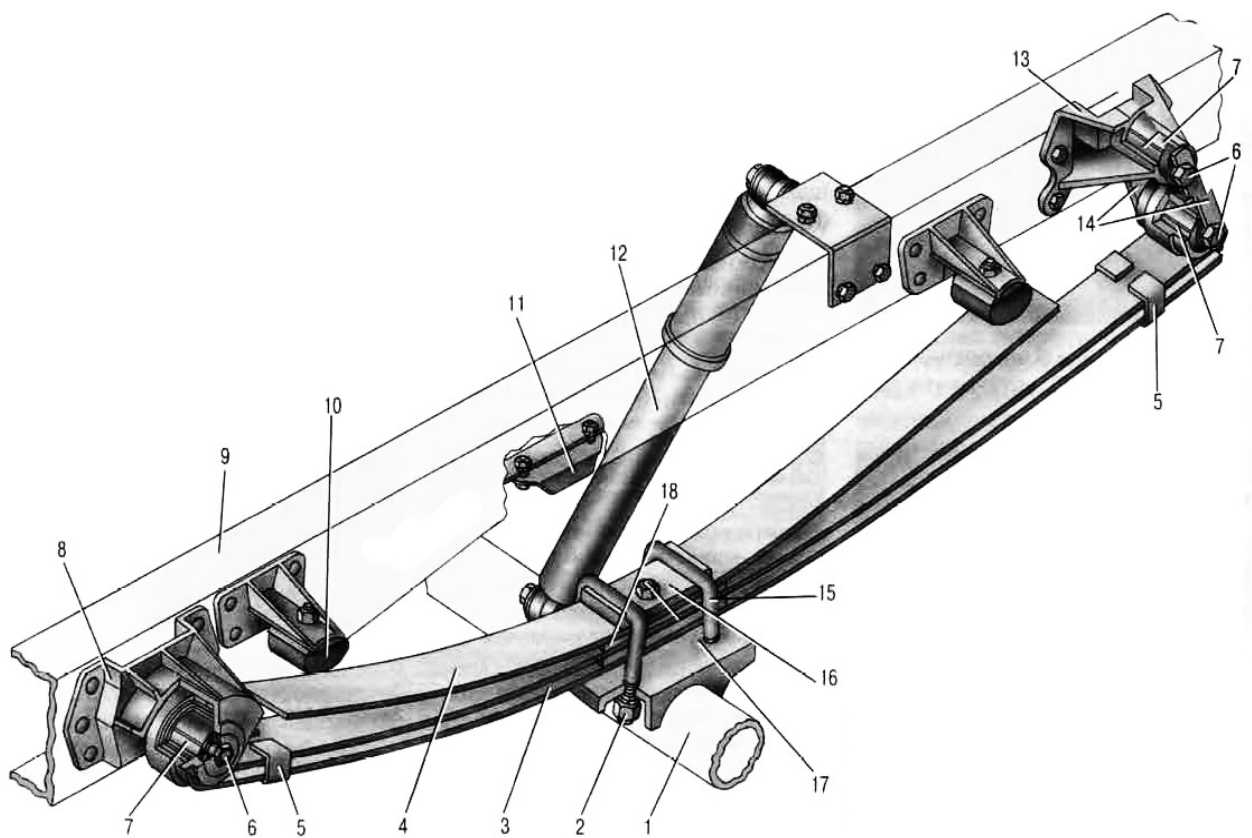
1.2 Классификация подвесок

Для описания полной классификации всех существующих и существовавших раньше типов подвески, нужно будет очень много времени, поэтому остановимся на наиболее применяемых и актуальных типах подвесок. Схема классификации на рисунке 2. [8]-[12]



Рисунок 2 – Схема типов подвесок

Главное различие можно отметить по способу крепления колеса, по типам элементов подвесок. В зависимую подвеску входит подвеска с использованием жесткого не разрезного моста на листовых рессорах и на пружинах. Полунезависимые включает в себя H-образную торсионную балку и подвеска типа «Де-Дион». Независимой соответственно подвеской являются с элементами: продольными рычагами, поперечными рычаги, подвеска макферсон, многорычажная подвеска и торсионная подвеска. Далее подробнее остановимся на самых часто применяемых и заслуживающих внимания вариантах подвесок. Подвеска с рессорой на рисунке 3.



- 1 – Задний мост; 2 – гайка стремянки; 3 – рессора; 4 – дополнительная рессора;
 5 – хомут рессоры; 6 – палец; 7 – резинометаллический шарнир; 8, 13 – кронштейны;
 9 – рама; 10 – подушка; 11 – буфер; 12 – амортизатор; 14 – серьга; 15 – стремянка;
 16 – накладка стремянок; 17 – центральный болт; 18 – прокладка;

Рисунок 3 – Подвеска с рессорой

Первичным и конечно же самым главным достоинством является

простота рессор и она в процессе своей работы воспринимает не только вертикальные нагрузки от несущей системы, но и возникающие при повороте и боковые, а также продольные и при режиме торможения, либо трогании.

Использование рессорной подвески позволяет отказаться от применения реактивных штанг и всевозможных рычагов. Вторым по значимости достоинством рессорной подвески являются небольшие размеры, она не уменьшает объём багажника, как это например бывает в случаях с пружиной подвески и это достоинство применяют при создании автомобилей грузопассажирского типа, создаваемые на базе легковых автомобилей, примером, такого автомобиля может служить пикап. [12]-[16]

Недостатком данной подвески можно отметить плохую плавность хода и низкую энергоёмкость, которая при воздействии неровности пути может провоцировать, так называемые явления отскока. Стоимость подвески по сравнению с аналогичным типом, но с применением реактивных тяг и рычагов на пружинах может быть ниже в полтора раза. Обслуживание подвески данного типа является достаточно простым и зачастую не требует применения специального оборудования, приспособлений, специнструмента. Подвеска данного типа как уже было вышеупомянутого в основном применяется на легких коммерческих автомобилях, таких как Volkswagen, , Ford T50, Газель и так далее. Далее рассмотрим тип подвески с использованием неразрезного моста на пружинах и с применением реактивных тяг и штанг в том числе и так называемой тягой панара. Подвеска с пружинами на мосту изображена на рисунке 4. [16]-[20]

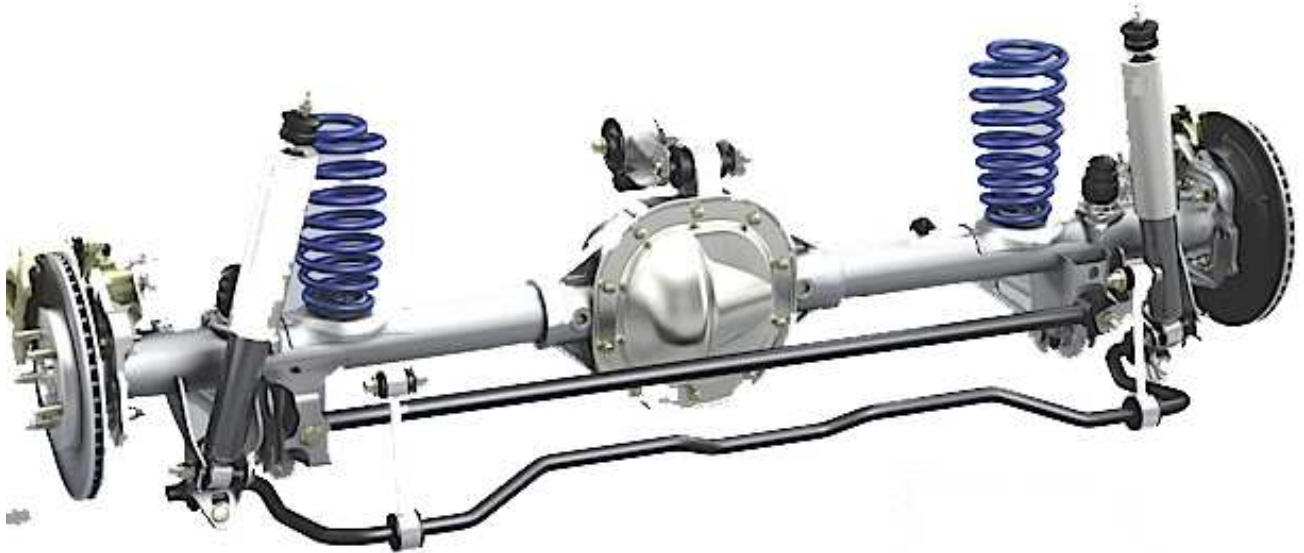


Рисунок 4 – Подвеска с пружинами на мосту

По сравнению с подвеской на листовых рессорах имеет ряд сложностей в основном связанных, с тем, о чём уже было сказано выше, то есть с применением дополнительных направляющих элементов, в отличие от рессорной подвески имеет недостатки связанные с уменьшением внутреннего пространства автомобиля, но с точки зрения активности работы гасящего элемента, в данном случае амортизатор определённо выигрывает, так как имеется возможность соосно устанавливать амортизатор и пружину. Это исключает возникновение дополнительных раскачивающихся моментов. Учитывая большое количество элементов стоимость данной подвески неизбежно увеличивается, что касается обслуживания, то выполнение его и ремонт на данной подвески достаточно сложный, так как во-первых большее количество элементов, а во-вторых необходимо применение специального инструмента. [20]-[25]

Следующий тип подвески, который рассмотрим, является H-образная торсионная балка. Полузависимая подвеска изображена на рисунке 5.



Рисунок 5 – Полузависимая подвеска

Относится она к полузависимой подвески и устанавливается на задней оси. К преимуществам, как и у рессорной подвески необходимо отнести отсутствие направляющих элементов, также легкость монтажа, компактность и небольшой вес, как следствие в данном случае происходит уменьшение неподрессоренных масс и самое весомое достоинство, это наиболее оптимальная кинематика колеса. Такую подвеску можно применять к сожалению только на задней оси, так же как у мостов с пружинными элементами страдает внутренние пространства автомобиля. Обслуживание с точки зрения эксплуатации данный тип весьма неприхотлив, обслуживается лишь иногда требуется только амортизатор и лишь в некоторых случаях упругие элементы. Стоимость, если сравнивать полную совокупную стоимость подвески, то определённо есть преимущество перед остальными типами, но есть и существенный недостаток, в случае выхода из строя какой-либо части балку необходимо менять целиком. Данный тип подвески сегодня применяется на

большинстве переднеприводных автомобилей, конструктивно состоит из двух продольных рычагов, поперечины между ними, гасящих элементов, упругих элементов и включённого в состав балки торсиона. Нечто средним между неразрезным мостом и независимой подвеской является классическая, но сегодня практически не применяемая система «Де-Дион, эта подвеска изображена на рисунке 6». [14]-[18]



Рисунок 6 – Подвеска Де Дион

Он состоит из поперечных труб между двумя ведущими колесами, подвешенным на шасси с дифференциалом и полуосями, также упругие элементы и гасящие элементы.

Колёса в данной подвеске при работе находятся в постоянном вертикальном положении, а неподрессоренный вес снижается за счет удаления с оси дифференциала и крепления его непосредственно к несущей системе, то есть либо к кузову либо к раме. Направление данной подвески может осуществляться за счет применения различных элементов: рессор, тяг, рычагов не принципиально. Из преимуществ данного типа подвески

можно назвать высокий показатель кинематических параметров, даже лучше чем у независимой подвески и в этой связи можно смело утверждать, что данный тип подвески совершеннее. Разработка также имеет преимущество для внутреннего пространства, так как нет необходимости обеспечивать зазор между дифференциалом и кузовом. Все полунезависимые подвески в этом плане «Де-Дион» он не исключение имеет один в общем большой минус – при старте, либо в торможении машина начинает дисбалансировать. При разгоне она приседает, а при торможении клюёт, одним из основных недостатков подвески является необходимость иметь так называемые скользящие трубы или шлицевые полуоси, что неизбежно добавят трения в системе. Стоимость данной подвески очень высокая и именно поэтому она очень редко применяется исключением является только спортивный автомобиль. [25]-[29]

Следующий тип подвески, который рассмотрим это является продольные рычаги показан на рисунке 7, это самый простой тип независимой подвески, в этой подвески каждое из колес одной оси прикреплено к рычагу, который закреплен на раме или кузове неподвижно. «Преимуществом можно отнести конструктивной выигрыш в объёме салона или багажника за счёт ровного пола, особый эффект получается при применении торсионов в качестве упругих элементов.»[11]

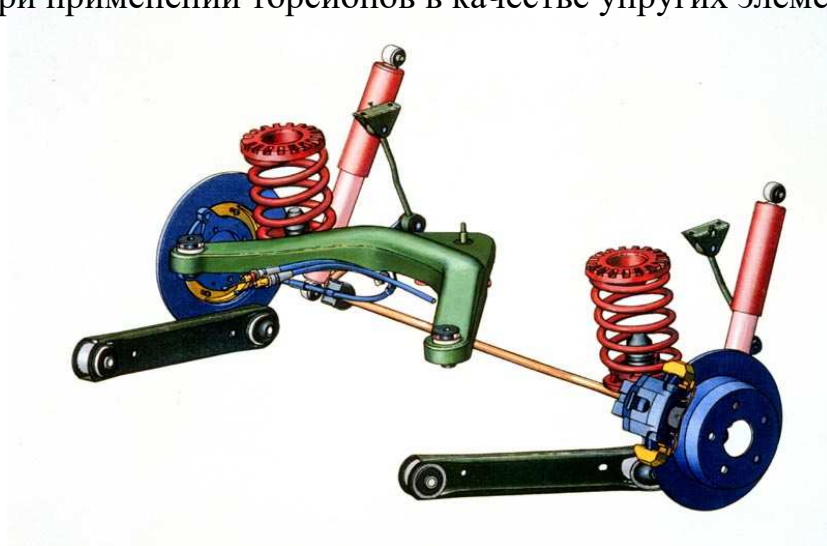


Рисунок 7 – Подвеска на продольных рычагах

Данная подвеска имеет существенный недостаток выраженный в значительном изменении базы автомобиля при её работе. При повороте

колёса в ней наклоняется вместе с кузовом существенно больше, нежели это происходит в других типов конструкций. Стоимость данной подвески можно отнести к преимуществам, так как все детали элементарные и их стоимость достаточно низкая, обслуживание более сложное, нежели на предыдущих типов конструкции, так как требует специального инструмента, достаточно высокой квалификации исполнителя и дополнительных регулировочных работ, в частности имеется ввиду регулировка углов установки.

Дальше независимый тип подвески на поперечных рычагах или ещё её называют двурычажная подвеска.

«Состоит она из верхнего короткого и длинного нижнего рычагов, также имеет интегрированный узел, в котором собраны и гасящий элемент амортизатор и упругий элемент пружины. Двурычажная подвеска обеспечивает минимальные поперечное перемещение колеса, которые вредны для боковой устойчивости автомобиля и вызывает достаточно быстро износ шин, а также незначительно угловые перемещения в ходе вверх-вниз. Конфигурация поперечного рычага позволяет каждому колесу независимо воспринимать неровности и оставаться при этом более вертикально по отношению к поверхности дороги, показано на рисунке 8»[11] это означает, что возможна реализация лучшего сцепления с дорожным покрытием. Является наиболее эффективной подвеской в плане управляемости.

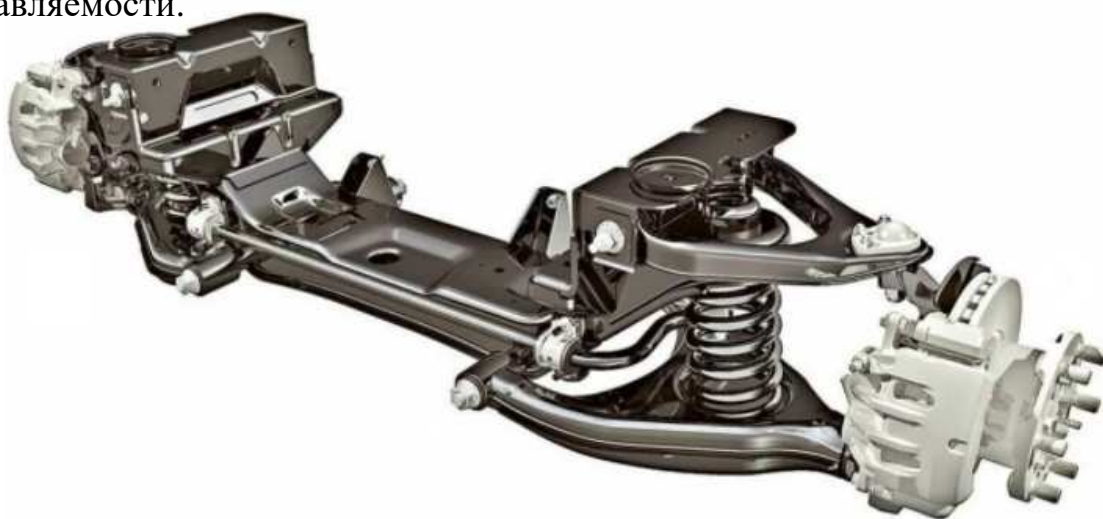


Рисунок 8 –Независимая двурычажная подвеска

В таких конструкциях подвески минимизированы недостатки связанные с изменением базы, но при этом имеются незначительные изменения колеи. Из-за сложной конструкции имеет ряд дорогостоящих элементов, это один из самых сложных в обслуживании и ремонте типов подвесок. Требуется применение специального инструмента оборудования и дополнительных регулировок. [29]

«Тип подвески Макферсон, показанный на рисунке 9, или ещё её называют качающаяся свеча. Это самый распространённый тип и наиболее часто используемый вариант, по причине соотношения цена-качество для массового сегмента автомобилей. Поэтому более подробно остановимся на конструкции этого типа. Благодаря компактной конструкции подвеска Макферсон широко применяется на переднеприводных автомобилях, так как даёт возможность реализовать компоновку с поперечным расположением двигателя и трансмиссии, также к другим преимуществам данного типа подвески относятся простота конструкции и большой ход подвески, которые препятствуют пробоям.»[11]

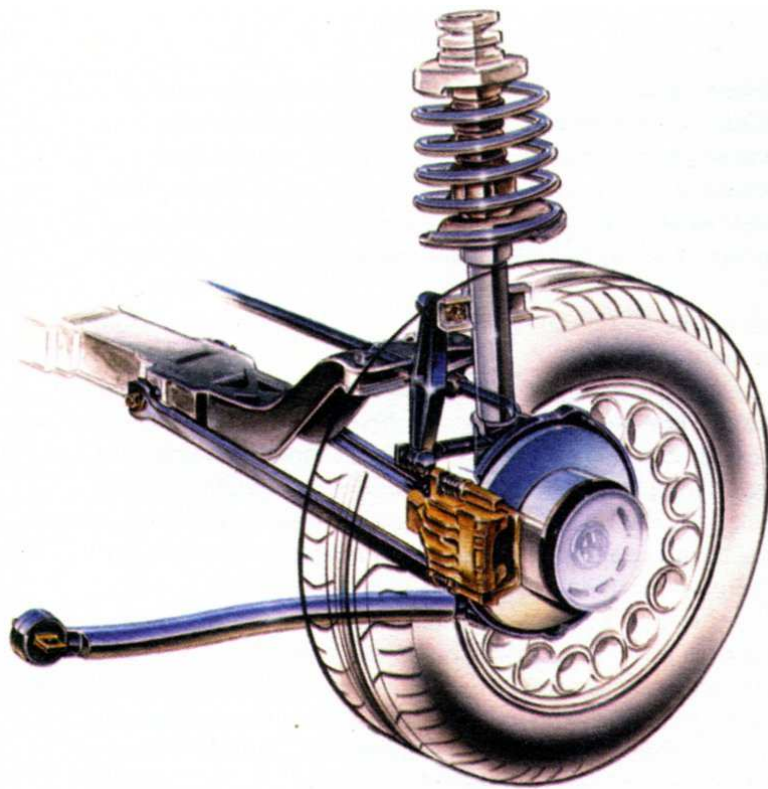


Рисунок 9 – Подвеска Макферсон

«Главные преимущества многорычажной подвески обусловлено её конструкцией, является высокая плавность хода, низкий уровень шума и лучше управляемость, к минусам необходимо отнести достаточно высокую стоимость и сложность изготовления и монтажа в обслуживании, ремонте.»[11] Данная подвеска очень сложна, требует спец инструмента, специального оборудования, специальных приспособлений и достаточно высокой квалификации исполнителя. Данной подвеской используются такие производители, как Audi, Infiniti, Skoda, Nissan и так далее. [30]

«Торсионная подвеска, показана на рисунке 11, это вид подвески, в которой в качестве упругого элемента используется торсион. Он представляет из себя металлический стержень, работающий на скручивание, он имеет шлицевые соединения на концах. Торсион может состоять из набора пластин, стержней, балки определённого сечения. Преимуществом данной подвески относятся долговечность, лёгкость регулировки высоты и компактность по ширине транспортного средства. Она занимает значительно меньше пространства, нежели допустим пружинная подвеска.»[11] К недостаткам относится низкий комфорт, в особенности задних пассажиров, невозможно сделать приличную шумоизоляцию, что отрицательно сказывается в конечном счете на комфорте при езде на дальние расстояния, стоимость соизмерения с подвеской Макферсон, или на продольных рычагах.

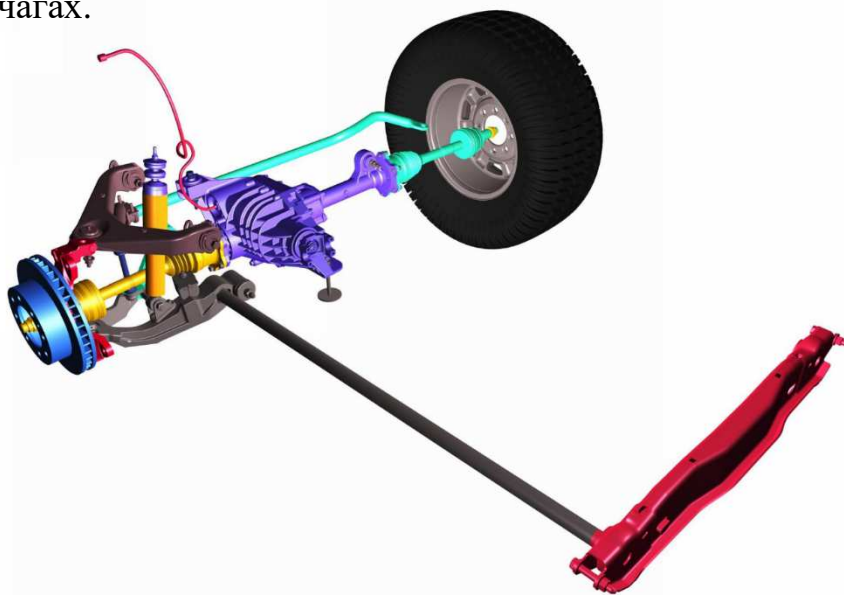


Рисунок 11 – Торсионная подвеска

Обслуживание и ремонт дешев и достаточно простое, зачастую для ремонта необходимы только универсальные инструменты и нет необходимости применения каких-то спец средств. Сегодня данный тип подвески используют такие производители, как Peugeot, Renault, Mitsubishi, Тойота и так далее.

В итоге можно выделить основные детали которые присутствуют практически в любом типе и в любой конструкции подвески всех мировых автопроизводителей. Основной элемент подвески это телескопическая амортизаторная стойка, выполняет функции гашения, демпфирования упругого элемента и направляющего элемента, замедляя его раскачивание, состоит из верхней опоры которые передают нагрузку на кузов, собственно упругий элемент витая пружина, «пыльник который защищает шток амортизатора от попадания абразивных частиц, буфер отбоя, который снижает динамические нагрузки на кузов при полном нажатии упругого элемента. Стойка крепится к поворотному кулаку через болтовое соединение, поворотный кулак посредством шарнира крепится к поперечному рычагу, поперечный рычаг в свою очередь через специальную жидкостную опору устанавливается на подрамник, в состав поворотного кулака входит ступичный узел, который в свою очередь состоит из подшипника и собственно ступицы, на ступицу производится монтаж элементов тормозной системы, тормозного диска. В большинстве случаев в составе передней подвески имеется стабилизатор поперечной устойчивости, который служит для уменьшения крена автомобиля, например в поворотах. Стабилизатор поперечной устойчивости через опоры крепится также к подрамнику и своими концами через шарнирную стойку к амортизаторной стойки.»[11] Тут приведены наиболее актуальные типы подвесок, это позволяет получить представление о данной системе механизмов автомобиля для понимания устройства автомобиля.

1.3 Выбор и обоснование принятого варианта конструкции задней подвески

Оценка основополагающего агрегата

Для основополагающего агрегата воспринята подвеска задней подвески автомобиля LADA GRANTA, подвеска с связанным стопором торсионно-рычажной подвески. Продольный металлический рычаг приделан к U-образному сопряжению через рычажные усилители и формирует совместно с рычагом целостную балку, шарнирообразно прикрепленную через крепежи на кузове.

Главнейшим недочётом основополагающего агрегата для внедрения в спортивных автомобилях характеризуется то, что жесткие параметры подвески, которые воздействуют на стабильность и манёвренность автомобиля, не могут быть исправлены в процессе пользования. На базе подвески нельзя сделать полноприводную машину и заднеприводную. «Подвесы полузависимы, поэтому изменение положения одного колёса отражается в положении другой, что уменьшает устойчивость машины. Невозможность размещения в небольшом объеме.

Большой вес.»[11]

Описание проекта

«Указанные выше недостатки вы можете избежать при использовании новой конструкции задних подвесок: подвески с косыми рычагами. Основные элементы подвесок независимы от них. На фланец рычага подвески приварен рычаг задней подвески, шарнирный рычаг, прикрепленный шарнирно к корпусу и усилитель рычага.»[11]

Основная особенность конструкции подвески заключается в легком изменении стабилизатора на стабилизатор более или менее разной толщины. Сплав титанового сплава, с которым сделан стабилизатор, у него меньше жёсткости, чем из материала 70C2Г, с которым сделан стабилизатор переднего подвески LADA GRANTA. Это позволяет закрутить торсион в большой угол. Преобразование стабилизатора подвески на жесткую или

мягкую, разрешит переменить угловую жёсткость подвески. Благодаря этой специфичности надо оптимизировать разворот автомобиля по своему стремлению. Уменьшая жесткость стабилизатора задней подвески, мы изменяем поворотность в сторону неприемлемой. И, потому, при этом, выполняя жесткость стабилизатора переднего колеса меньше жесткости стабилизатора переднего колеса, делаем среднее положение увода переднего колеса меньшее среднего положение увода переднего колеса, что является показателем избыточной поворотности.

Для того, чтобы автомобиль при любых условиях нагрузки имел недостаточной поворотности при движении в кривой, обычно используется стабилизатор только в передней подвеске автомобиля.

В спортивных автомобилях разумно заимствовать наиболее жестковатые стабилизаторы и стабилизаторы задней подвески. Важно, когда подбираете компоновку подвески, учитывать, что подвески проектируются на спортивные автомобили. Таким прообразом, надо поступаться комфортом, мягкостью перемещения, желательным для поточных автомобилей, а также гарантировать на высоком показателе стабильность и манёвренность. В реконструируемом устройстве подвески используются пластичные компоненты, приобретающие реакционные особенности подвижности. Недочёт композиционной подвески характеризуется в том, что размеры автомобиля воздействуют на величину разведения и схода колёс, но спортивные автомобили этого изъяна не отмечают, поскольку размеры вовсе не меняются. Наличествуют также последующие удорожающие аспекты: использование добавочных деталей и агрегатов, которых нету в основополагающем конструировании; применение более дорогостоящего материала.

2 Конструкторская часть

2.1 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1.1 Исходные данные

«Число ведущих колес	$n_k = 2$
Собственная масса, кг	$m_o = 1088$
Количество мест	5
Максимальная скорость, м/с	$V_{max} = 51,67$
Максимальная частота вращения колен. вала, рад/с	$\omega_{max} = 680,7$
Минимальная частота вращения колен. вала, рад/с	$\omega_{min} = 88$
Коэффициент аэродинамического сопротивления	$C_x = 0,32$
Величина максимально преодолеваемого подъема	$\alpha_{max} = 0,30$
Коэффициент полезного действия трансмиссии	$\eta_{TP} = 0,91$
Площадь поперечного сечения, м ²	$H = 2,00$
Коэффициент сопротивления качению	$f_{ko} = 0,012$
Число передач в коробке передач	5
Распределение массы автомобиля по осям, % :	
передняя ось	51
задняя ось	49
Плотность воздуха, кг/м ³	$\rho = 1,293$
Плотность топлива, кг/л	$\rho_t = 0,72$ »[2]

2.1.2 Подготовка исходных данных для тягового расчёта

«а) Определение полного веса и его распределение по осям»[2]

$$G_A = G_o + G_n + G_b, \quad (1)$$

«где G_o - собственный вес автомобиля;
 G_n - вес пассажиров;
 G_b - вес багажа;»[2]

$$G_0 = m_0 \cdot g = 1088 \cdot 9,807 = 10670 \text{ Н} \quad (2)$$

$$G_{II} = G_{II1} \cdot 5 = m_{II1} \cdot g \cdot 5 = 75 \cdot 9,807 \cdot 5 = 3678 \text{ Н} \quad (3)$$

$$G_B = G_{B1} \cdot 5 = m_{B1} \cdot g \cdot 5 = 10 \cdot 9,807 \cdot 5 = 490 \text{ Н} \quad (4)$$

$$G_A = 10670 + 3678 + 490 = 14838 \text{ Н} \quad (5)$$

$$G_1 = G_A \cdot 51 = 14838 \cdot 51 = 7567 \text{ Н} \quad (6)$$

$$G_2 = G_A \cdot 49 = 14838 \cdot 49 = 7270 \text{ Н} \quad (7)$$

«б) Подбор шин

Шины выбираются по нагрузке, приходящейся на колесо с помощью Краткого автомобильного справочника

На автомобиле установлены радиальные шины 185/65 R14.»[2]

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot d + \kappa \cdot \lambda \cdot B) \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

«Где r_k – радиус качения колеса;

r_{CT} – статический радиус колеса;

$B = 185$ – ширина профиля, мм;

$\kappa = 0,65$ – отношение высоты профиля к ширине профиля;

$d = 355,6$ – посадочный диаметр, мм;

$\lambda = 0,85$ – коэффициент типа шины.»[2]

$$r_k = r_{CT} = (0,5 \cdot 355,6 + 0,65 \cdot 0,85 \cdot 185) \cdot 10^{-3} = 0,294 \text{ м} \quad (9)$$

2.1.3 Определение передаточного числа главной передачи

$$U_0 = \frac{r_k}{U_K} \cdot \frac{\omega_{MAX}}{V_{MAX}}, \quad (10)$$

«где U_k - передаточное число высшей передачи в коробке передач, на которой обеспечивается максимальная скорость.

Примем значение передаточное число высшей передачи КП равным 0,784.»[2]

$$U_0 = (0,294 \cdot 680,7) / (0,784 \cdot 51,67) = 3,938 \quad (11)$$

2.1.4 Внешняя скоростная характеристика двигателя

«Определяем мощность двигателя, обеспечивающую движение с заданной максимальной скоростью при заданном дорожном сопротивлении.»[2]

$$N_v = \frac{1}{\eta_{TP}} \cdot \left(G_A \cdot \psi_v \cdot V_{MAX} + \frac{C_x \cdot \rho}{2} \cdot H \cdot V_{MAX}^3 \right), \quad (12)$$

«где ψ_v - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля.

Для легковых автомобилей принимается, что максимальная скорость достигается на прямолинейном участке, из чего следует, что:»[2]

$$\psi_v = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_{MAX}^2}{2000} \right) \quad (13)$$

$$\psi_v = 0,010 \cdot (1 + 51,67^2 / 2000) = 0,023$$

$$N_v = (14838 \cdot 0,323 \cdot 51,67 + 0,32 \cdot 1,293 \cdot 2,00 \cdot 51,67^3 / 2) / 0,91 =$$

$$95983 \text{ Вт}$$

$$N_{MAX} = \frac{N_v}{a \cdot \lambda + b \cdot \lambda^2 - c \cdot \lambda^3}, \quad (14)$$

«где a, b, c – эмпирические коэффициенты (для легковых автомобилей с карбюраторным двигателем $a, b, c = 1$), $\lambda = \omega_{MAX} / \omega_N$ (примем $\lambda = 1,05$).»[2]

$$N_{MAX} = 95983 / (1 \cdot 1,05 + 1 \cdot 1,05^2 - 1 \cdot 1,05^3) = 96478 \text{ Вт} \quad (15)$$

«Внешнюю характеристику двигателя с достаточной точностью можно определить по формуле Лейдермана:»[2]

$$N_e = N_{MAX} \cdot \left[C_1 \frac{\omega_e}{\omega_N} + C_2 \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^2 - \left(\frac{\omega_e}{\omega_N} \right)^3 \right] \quad (16)$$

«где $C_1 = C_2 = 1$ - коэффициенты характеризующие тип двигателя.

Определение значений крутящего момента производится по формуле:»[2]

$$M_e = \frac{N_e}{\omega_e} \quad (17)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 1.

Таблица 1 - Внешняя скоростная характеристика

Обороты дв-ля, об/мин	Угловая скорость, рад/с	Мощность дв-ля, кВт	Момент дв-ля, Н*м
840	88	14,6	166,3
1290	135	23,4	173,4
1740	182	32,6	178,9
2190	229	41,9	182,8
2640	276	51,2	185,2
3090	324	60,2	186,0
3540	371	68,7	185,3
3990	418	76,4	182,9
4440	465	83,2	179,0
4890	512	88,9	173,5
5340	559	93,1	166,5
5790	606	95,7	157,8
6240	653	96,5	147,6
6690	701	95,2	135,8
6500	681	96,0	141,0

« n_e - обороты двигателя, об/мин;»[2]

$$n_e = \frac{30 \cdot \omega_e}{\pi}. \quad (18)$$

2.1.5 Определение передаточных чисел коробки передач

«Передаточное число первой передачи определяется по заданному максимальному дорожному сопротивлению и максимальному динамическому фактору на первой передаче.

В соответствии с этим должны выполняться следующие условия:»[2]

$$1) U_1 \geq \frac{G_A \cdot \psi_{MAX} \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0}; \quad (19)$$

«где ψ_{MAX} - коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля с учётом вычтены преодолеваемого подъёма ($\psi_{MAX} = f_{Vmax} + \alpha_{MAX} = \psi_V + \alpha_{MAX}$).»[2]

$$\psi_{MAX} = 0,023 + 0,30 = 0,323 \quad (20)$$

$$U_1 \geq 14838 \cdot 0,323 \cdot 0,294 / (186,0 \cdot 0,91 \cdot 3,938) = 1,601$$

$$2) U_1 \leq \frac{G_{сц} \cdot \varphi \cdot r_K}{M_{MAX} \cdot \eta_{TP} \cdot U_0}, \quad (21)$$

«где $G_{сц}$ - сцепной вес автомобиля ($G_{сц} = G_1 \cdot m_1 = 7567 \cdot 0,9 = 7450$ Н, m_1 - коэффициент перераспределения нагрузки на передние колёса), φ - коэффициент сцепления ($\varphi = 0,8$).»[2]

$$U_1 \leq 7450 \cdot 0,8 \cdot 0,294 / (186,0 \cdot 0,91 \cdot 3,938) = 3,636$$

«Примем значение первой передачи равным: $U_1 = 3,600$.

Значения промежуточных ступеней КП рассчитываются на основании закона геометрической прогрессии:

Знаменатель геометрической прогрессии равен:»[2]

$$q = (U_1 / U_5)^{1/4} = (3,600 / 0,784)^{1/4} = 1,464 \quad (22)$$

$$U_2 = U_1 / q = 3,600 / 1,464 = 2,459; \quad (23)$$

$$U_3 = U_2 / q = 2,459 / 1,464 = 1,680; \quad (24)$$

$$U_4 = U_3 / q = 1,680 / 1,464 = 1,148; \quad (25)$$

$$U_5 = 0,784. \quad (26)$$

2.1.6 Скорость движения автомобиля на различных передачах

«Определяем возможные значения скорости на каждой передаче в зависимости от оборотов колен вала:»[2]

$$V_A = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_K}{U_{кп} \cdot U_0} \quad (27)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 2.

Таблица 2 - Скорость автомобиля на различных передачах

Обороты двигателя, об/мин	Скорость на 1ой передаче, м/с	Скорость на 2ой передаче, м/с	Скорость на 3ей передаче, м/с	Скорость на 4ой передаче, м/с	Скорость на 5ой передаче, м/с
840	1,8	2,7	3,9	5,7	8,4
1290	2,8	4,1	6,0	8,8	12,9
1740	3,8	5,5	8,1	11,9	17,4
2190	4,8	7,0	10,2	14,9	21,9
2640	5,7	8,4	12,3	18,0	26,4
3090	6,7	9,8	14,4	21,1	30,9
3540	7,7	11,3	16,5	24,1	35,3
3990	8,7	12,7	18,6	27,2	39,8
4440	9,7	14,1	20,7	30,3	44,3
4890	10,6	15,6	22,8	33,4	48,8
5340	11,6	17,0	24,9	36,4	53,3
5790	12,6	18,4	27,0	39,5	57,8
6240	13,6	19,9	29,1	42,6	62,3
6690	14,5	21,3	31,2	45,6	66,8
6500	14,1	20,7	30,3	44,3	64,9

2.1.7 Сила тяги на ведущих колёсах

$$F_T = \frac{M_E \cdot U_{K.P.} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_K} \quad (28)$$

Расчетные данные сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Тяговый баланс

Обороты дв- об/мин	Сила тяги на 1 передаче, км/	Сила тяги на 2 передаче, км/	Сила тяги на 3 передаче, км/	Сила тяги на 4 передаче, км/	Сила тяги на 5 передаче, км/
840	7287	4978	3401	2323	1587
1290	7598	5191	3546	2422	1655
1740	7840	5356	3659	2499	1707
2190	8013	5474	3740	2555	1745
2640	8118	5545	3788	2588	1768
3090	8153	5569	3805	2599	1776
3540	8119	5546	3789	2588	1768
3990	8017	5476	3741	2556	1746
4440	7845	5359	3661	2501	1708
4890	7605	5195	3549	2424	1656
5340	7295	4984	3404	2326	1589
5790	6917	4725	3228	2205	1506
6240	6470	4420	3019	2063	1409
6690	5954	4067	2778	1898	1297
6500	6180	4222	2884	1970	1346

2.1.8 Силы сопротивления движению

«Сила сопротивления воздуху:»[2]

$$F_B = H \cdot \rho_B \cdot C_X \cdot \frac{V_A^2}{2}. \quad (29)$$

«Сила сопротивления качению:»[2]

$$F_f = G_A \cdot f_K; \quad (30)$$

$$f_k = f_0 \cdot (1 + 5 \cdot 10^{-4} \cdot V_A^2). \quad (31)$$

«Полученные данные заносим в таблицу 4 и строим графики зависимости сил сопротивления от скорости.»[2]

Таблица 4 - Силы сопротивления движению

Скорость, м/с	Сила сопр. воздуху, Н	Сила сопр. качению, Н	Суммарная сила сопр. движению, Н
0	0	162	162
5	12	164	177
10	49	170	220
15	111	181	291
20	197	195	391
25	307	213	520
30	442	235	678
35	602	262	864
40	786	292	1078
45	995	327	1322
50	1228	365	1594
55	1486	408	1894
60	1769	454	2223
65	2076	505	2581

2.1.9 Динамический фактор

$$D = \frac{F_T - F_B}{G_A}, \quad (32)$$

$$D_\varphi = \frac{G_{cl} \cdot \varphi}{G_A}, \quad (33)$$

«По этим формулам и данным силового баланса рассчитывают и строят динамическую характеристику автомобиля, которая является графическим изображением зависимости динамического фактора D от скорости движения при различных передачах в коробке передач и при полной загрузке автомобиля. Данные расчёта заносят в таблицу 5 и представляют графически.»[2]

Таблица 5 - Динамический фактор на передачах

Обороты дв-ля, об/мин	Динамический фактор на 1ой передаче	Динамический фактор на 2ой передаче	Динамический фактор на 3ей передаче	Динамический фактор на 4ой передаче	Динамический фактор на 5ой передаче
840	0,449	0,307	0,209	0,142	0,096
1290	0,468	0,319	0,217	0,147	0,097
1740	0,483	0,329	0,223	0,150	0,096
2190	0,493	0,336	0,227	0,151	0,093
2640	0,499	0,340	0,229	0,150	0,088
3090	0,501	0,340	0,228	0,147	0,081
3540	0,498	0,338	0,225	0,142	0,071
3990	0,492	0,333	0,220	0,135	0,060
4440	0,481	0,324	0,213	0,126	0,046
4890	0,465	0,313	0,203	0,116	0,030
5340	0,445	0,298	0,191	0,103	0,012
5790	0,421	0,281	0,177	0,089	-0,008
6240	0,393	0,260	0,160	0,072	-0,031
6690	0,360	0,237	0,142	0,054	-0,055
6500	0,375	0,247	0,150	0,062	-0,045

2.1.10 Ускорения автомобиля

$$j = \frac{(D - \Psi) \cdot g}{\delta_{BP}}, \quad (34)$$

«Где δ_{BP} - коэффициент учета вращающихся масс,

Ψ - коэффициент суммарного сопротивления дороги.»[2]

$$\Psi = f + i$$

« i – величина преодолеваемого подъёма ($i = 0$).»[2]

$$\delta_{BP} = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot U_{КП}^2), \quad (35)$$

«где δ_1 - коэффициент учёта вращающихся масс колёс; δ_2 - коэффициент учёта вращающихся масс двигателя:

$$\delta_1 = \delta_2 = 0,03.»[2]$$

Расчетные данные сведены в таблицу 6, таблицу 7 и таблицу 8.

Таблица 6 - Коэффициент учёта вращающихся масс

	$U1$	$U2$	$U3$	$U4$	$U5$
$\delta_{N\angle}$	1,419	1,211	1,115	1,070	1,048

Таблица 7 - Ускорение автомобиля на передачах

Обороты дв-ля, об/мин	Ускорение на 1ой передаче, м/с ²	Ускорение на 2ой передаче, м/с ²	Ускорение на 3ей передаче, м/с ²	Ускорение на 4ой передаче, м/с ²	Ускорение на 5ой передаче, м/с ²
840	3,03	2,40	1,75	1,21	0,80
1290	3,17	2,50	1,82	1,25	0,81
1740	3,27	2,58	1,88	1,28	0,79
2190	3,34	2,64	1,91	1,28	0,75
2640	3,38	2,67	1,92	1,27	0,70
3090	3,39	2,67	1,91	1,23	0,62
3540	3,37	2,65	1,88	1,18	0,51
3990	3,33	2,60	1,83	1,11	0,39
4440	3,25	2,54	1,76	1,02	0,24
4890	3,14	2,44	1,67	0,92	0,07
5340	3,01	2,32	1,57	0,79	-0,12
5790	2,84	2,18	1,44	0,65	-0,33
6240	2,64	2,01	1,29	0,49	-0,56
6690	2,42	1,82	1,12	0,31	-0,82
6500	2,51	1,90	1,19	0,39	-0,71

2.1.11 Величины обратные ускорениям автомобиля

Таблица 8 - Величины обратные ускорениям автомобиля

Обороты дв-ля, об/мин	1/j на 1ой передаче, с2/м	1/j на 2ой передаче, с2/м	1/j на 3ей передаче, с2/м	1/j на 4ой передаче, с2/м	1/j на 5ой передаче, с2/м
840	0,33	0,42	0,57	0,83	1,25
1290	0,32	0,40	0,55	0,80	1,24
1740	0,31	0,39	0,53	0,78	1,26
2190	0,30	0,38	0,52	0,78	1,33
2640	0,30	0,38	0,52	0,79	1,44
3090	0,29	0,37	0,52	0,81	1,62
3540	0,30	0,38	0,53	0,85	1,95
3990	0,30	0,38	0,55	0,90	2,57
4440	0,31	0,39	0,57	0,98	4,12
4890	0,32	0,41	0,60	1,09	13,44
5340	0,33	0,43	0,64	1,26	-8,63
5790	0,35	0,46	0,70	1,54	-3,05
6240	0,38	0,50	0,78	2,05	-1,78
6690	0,41	0,55	0,90	3,26	-1,22
6500	0,40	0,53	0,84	2,59	-1,41

2.1.12 Время и путь разгона

«Время и путь разгона автомобиля определяем графоаналитическим способом. Смысл этого способа в замене интегрирования суммой конечных величин:»[2]

$$\Delta t = \int_{V_i}^{V_{i+1}} \frac{1}{j} dV \approx \left(\frac{1}{j_{CP}} \right)_{i+1} \cdot (V_{i+1} - V_i). \quad (36)$$

«С этой целью кривую обратных ускорений разбивают на интервалы и считают, что в каждом интервале автомобиль разгоняется с постоянным ускорением $j = const$, которому соответствуют значения $(1/j) = const$. Эти величины можно определить следующим образом:»[2]

$$\left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k = \frac{(1/j)_{k-1} + (1/j)_k}{2}, \quad (37)$$

«где k – порядковый номер интервала.

Заменяя точное значение площади под кривой $(1/j)$ в интервале ΔV_k на значение площади прямоугольника со сторонами ΔV_k и $(1/j_{CP})_k$, переходим к приближённому интегрированию:»[2]

$$\Delta t = \left(\frac{1}{j_{CP}}\right)_k \cdot (V_k - V_{k-1}) \quad (38)$$

$$t_1 = \Delta t_1, \quad t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad t_n = \sum_{k=1}^n \Delta t_k.$$

«где t_1 – время разгона от скорости V_0 до скорости V_1 , [6]

t_2 – время разгона до скорости V_2 .

Результаты расчёта, в соответствии с выбранным масштабом графика приведены в таблице 9:»[2]

Таблица 9 - Время разгона автомобиля

Диапазон скорости, м/с	Площадь, мм ²	Время, с
0-5	152	0,8
0-10	457	2,3
0-15	824	4,1
0-20	1279	6,4
0-25	1861	9,3
0-30	2603	13,0
0-35	3527	17,6
0-40	4685	23,4
0-45	6130	30,6

«Аналогичным образом проводится графическое интегрирование зависимости $t = f(V)$ для получения зависимости пути разгона S от скорости автомобиля.

В данном случае кривая $t = f(V)$ разбивается на интервалы по времени, для каждого из которых находятся соответствующие значения V_{CPk} . Площадь элементарного прямоугольника в интервале Δt_k есть путь, который проходит автомобиль от отметки t_{k-1} до отметки t_k , двигаясь с постоянной скоростью V_{CPk} .

Величина площади элементарного прямоугольника определяется следующим образом :»[2]

$$\Delta S = V_{CPk} \cdot (t_k - t_{k-1}) = V_{CPk} \cdot \Delta t_k, \quad (39)$$

«где $k = 1 \dots m$ – порядковый номер интервала, m выбирается произвольно ($m = n$).

Путь разгона от скорости V_0

до скорости V_1 : $S_1 = \Delta S_1$,

до скорости V_2 : $S_2 = \Delta S_1 + \Delta S_2$,

до скорости V_n : $S_n = \sum_{k=1}^m \Delta S_k$ [6]

Результаты расчёта заносятся в таблицу 10:»[2]

Таблица 10 - Путь разгона автомобиля

Диапазон скорости, м/с	Площадь, мм ²	Путь, м
0-5	38	2
0-10	266	13
0-15	725	36
0-20	1522	76
0-25	2832	142
0-30	4873	244
0-35	7875	394
0-40	12217	611
0-45	18358	918

2.1.13 Мощностной баланс

«Для решения ряда вопросов, как, например, выбор передаточного числа главной передачи, исследование топливной экономичности автомобиля, удобным является анализ мощностного баланса автомобиля, который выражается уравнением:»[2]

$$N_K = N_e \cdot \eta_{TP} = N_f + N_{II} + N_B + N_j, \quad (40)$$

« N_f - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению;

N_B - мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха;

N_{II} - мощность, затрачиваемая на преодоление подъема ($N_{II} = 0$);

N_j - мощность, затрачиваемая на ускорение автомобиля ($N_j = 0$).

Расчетные данные сведены в таблицу 11 и таблицу 12.

Это уравнение показывает, как распределяется мощность, развиваемая на ведущих колесах автомобиля, по различным сопротивлениям движению.»[2]

Таблица 11 - Мощностной баланс

Обороты дв-ля, об/мин	Мощность на колесе, кВт
840	13,3
1290	21,3
1740	29,7
2190	38,2
2640	46,6
3090	54,8
3540	62,5
3990	69,5
4440	75,7
4890	80,9
5340	84,7
5790	87,1
6240	87,8
6690	86,6
6500	87,3

Таблица 12 - Мощность сопротивления движению

Скорость, м/с	Мощность сопротивления воздуха	Мощность сопротивления качения	Суммарная мощность сопротивления
0	0,0	0,0	0,0
5	0,1	0,8	0,9
10	0,5	1,7	2,2
15	1,7	2,7	4,4
20	3,9	3,9	7,8
25	7,7	5,3	13,0
30	13,3	7,1	20,3
35	21,1	9,2	30,2
40	31,4	11,7	43,1
45	44,8	14,7	59,5
50	61,4	18,3	79,7
55	81,7	22,4	104,2
60	106,1	27,3	133,4
65	134,9	32,8	167,8

2.1.14 Топливо-экономическая характеристика

«Для получения топливо-экономической характеристики следует рассчитать расход топлива при движении автомобиля на высшей передаче по горизонтальной дороге с заданными постоянными скоростями от минимально устойчивой до максимальной.»[2]

$$Q_s = \frac{1.1 \cdot g_{e \min} K_H \cdot K_E (N_f + N_B)}{36000 \cdot V_a \cdot \rho_T \cdot \eta_{TP}} \quad (41)$$

«где $g_{E \min} = 290$ г/(кВт·ч) – минимальный удельный расход топлива.»[2]

$$K_H = 1,152 \cdot H^2 - 1,728 \cdot H + 1,523 \quad (42)$$

$$K_E = 0,53 \cdot E^2 - 0,753 \cdot E + 1,227 \quad (43)$$

$$I = \frac{N_f + N_B}{N_T}; E = \frac{w_e}{w_{eN}} \quad (44)$$

«Результаты расчётов сводят в таблицу 13 и представляют в виде графика.»[2]

Таблица 13 - Путь расход топлива на высшей передаче

Обороты дв-ля, об/мин	Скорость, м/с	<i>I</i>	<i>E</i>	<i>K_И</i>	<i>K_E</i>	<i>Q_S</i>
840	8,4	0,128	0,136	1,321	1,185	4,3
1290	12,9	0,155	0,208	1,282	1,143	5,1
1740	17,4	0,196	0,281	1,228	1,107	6,2
2190	21,9	0,250	0,354	1,163	1,077	7,4
2640	26,4	0,317	0,426	1,091	1,052	8,7
3090	30,9	0,398	0,499	1,017	1,033	10,1
3540	35,3	0,496	0,572	0,949	1,020	11,5
3990	39,8	0,613	0,645	0,896	1,012	13,1
4440	44,3	0,754	0,717	0,875	1,010	15,4
4890	48,8	0,922	0,790	0,909	1,013	19,0
5340	53,3	1,127	0,863	1,038	1,022	25,7
5790	57,8	1,378	0,935	1,329	1,036	38,7
6240	62,3	1,692	1,008	1,898	1,056	64,7

2.2 Расчет основных параметров задней подвески автомобиля

2.2.1 Расчёт кинематических характеристик подвески

«Изменение конфигурации подвески меняет колею заднего колёса автомобиля. Также изменяется конструкция упругих элементов, ход тормозов и сцепления колес в сравнении с LADA GRANTA. Из-за этого необходимо провести расчет кинематических характеристик направляющих устройств нового механизма подвески и, в случае необходимости, изменить координаты в характерной точке подвески: рычажных шарниров. В целях того, чтобы обеспечить желаемую устойчивость в управлении автомобиля, особенно устойчивое прямолинейное движение и снижение износа шин, все производители автомобилей предусматривают определенные параметры установки для задних подвесок с допуском. Сам производитель авто определяет оптимальное значение данных параметров развала и схождения колёс и кинематических характеристик подвески при доводке ходовых моделей нового авто. Опыт, полученный в процессе доработки, используется дальше при разработке новых машин. Раньше еще 30 лет назад не было программ, позволяющего быстро и четко рассчитывать кинематические характеристики нового направляющего агрегата. Эта работа должна была быть выполнена вручную и графически, с использованием методов начертания и специальных шаблонов. Сейчас большинство автозаводов имеют программы, предназначенные для разработки конструкций подвески автомобилей, позволяющие высокоточно провести кинематические и силовые анализы подвесок. Полученные с помощью расчётного способа характеристики могут быть использованы для последующего расчёта характеристик управляемости автомобиля и скорости хода. Каждый вид подвески обладает своими особенностями, по которым может измениться объем вычислений и поэтому разработку универсальной программы по анализу любых кинематических схем является неблагодарным делом.»[11]

«В связи с этим чаще всегда создается своя программа для любого вида подвески. Такой подход не лишен и недостатков: к примеру, если нужно изменить структуру подвески, приходится пользоваться только тем, что имеется. Но программы кинематики расчёта, традиционные схемы, развиты так, что для анализа полного результата расчёта потребуется не одна неделя. Программа коротая производит кинематические и силовые анализы подвесок на косом рычаге работают и применяются в отделах общего конструирования и дизайна ходовых частей. Особенности рассматриваются по вертикальным перемещениям, продольным или поперечным поворотам кузова, а также по продольному или поперечному повороту. Для расчета кинематических характеристик нужно задать координаты основных точек подвески относительно систем координат, связанных с компоновкой автомобиля. Для измерения силовых характеристик кроме координат точки нужно задавать жесткость пружины и нормальную нагрузку на колёса в статичной позиции. При этом можно учитывать и характеристики шины. На рис. 11 представлена схема подвески пружинных рычагов с косыми рычагами для левого и правого колёс автомобилей в статичном положении.»[11]

M_{si} , $i = 1,2$ - центр колеса

E_{si} - центр пятна контакта колеса с дорогой

$[M_{si}E_{si}] = R_i$ - радиус колеса

$G_{o_i}G_{s_i}; G_{v_{o_i}}G_{v_{s_i}}$ – оси амортизатора и пружины соответственно

« W_i - центр шарнира крепления наружного рычага к

поперечине кузова

D_i - центр шарнира крепления внутреннего рычага к поперечине кузова

Исходные данные, содержащие координаты базовых точек, а также значения допускаемых перемещений, координаты центра масс и т.д. заносятся в файлы исходных данных расчетной программы.

Результаты расчётов могут быть получены в виде графиков,

либо в виде таблиц - помещаются в файл данных программы расчета. Распечатка результатов кинематического и силового расчета проектируемой подвески приведена ниже.

Информация, которая выводится при расчёте может быть условно поделена на несколько групп:

- информация для построения сечений рабочей зоны колеса;
- координаты базовых точек относительно систем OAXAYAZA и OXoYoZo;
- границы перемещения кузова;
- координаты точек и углы, связанные с шарнирами механизмов;
- соответствия между перемещениями кузова, углами поворота рычагов и ходами колёс;
- кинематическая характеристика подвески;
- углы в шарнирах крепления амортизаторов;
- силовые характеристики подвески.»[5]

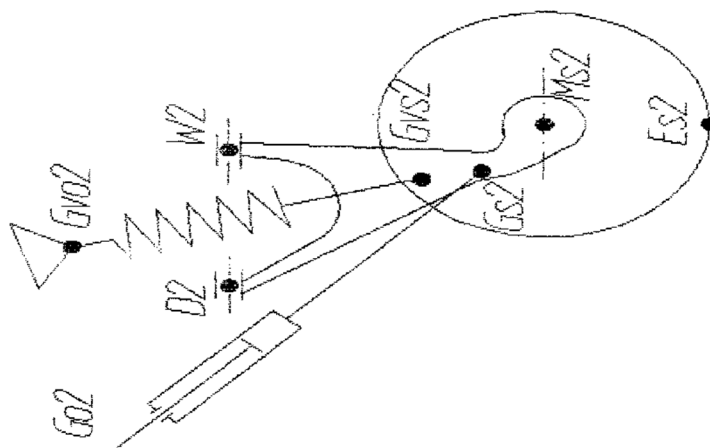


Рисунок 12 – Схема подвески

2.2.2 Расчёт пружины и подпружинника

«В результате расчёта методом последовательного приближения определяют параметры пружины и подпружинника,

обеспечивающие требуемую жёсткость, статическую нагрузку, а также оптимально учитывающие компоновку.»[5]

2.2.2.1 Исходные данные

«В качестве исходных данных используются:

- статическая нагрузка на пружину и подпружинник, $R_{ст}$, мм;
- длина пружины с подпружинником под статической нагрузкой, $L_{ст}$, мм;
- динамический ход сжатия пружины с подпружинником, $f_{дин}$, мм;
- жёсткость пружины, $S_{пр}$, кГ/см;
- жёсткость подпружинника, $S_{под}$, кГ/см;
- модуль упругости второго рода для материала, из которого изготовлены пружина и подпружинник, E , кГ/см²
- средний диаметр пружины, $D_{ср}^{пр}$, мм;
- средний диаметр подпружинника, $D_{ср}^{под}$, мм.

В процессе расчёта, задаваясь числом рабочих витков, определяют диаметр прутка пружины и подпружинника, проверяют полученные пружину и подпружинник на соприкасаемость витков при динамическом ходе, на прочность по допускаемым напряжениям. Кроме того, контролируется нагрузка на пружине и подпружиннике при полном ходе отбоя. В случае если при заданных исходных данных не удаётся получить пружину с подпружинником с оптимальными параметрами, меняют длину пружины с подпружинником под статической нагрузкой и средний диаметр пружины или подпружинника (насколько позволяет компоновка), а также жёсткость пружины или подпружинника. Полученный в результате расчёта диаметр прутка округляют до 0,5 мм и проводят проверочный расчёт.

Для того, чтобы определить статическую нагрузку, действующую на пружину и подпружинник, необходимо определить

подрессоренную массу, приходящуюся на одно колесо автомобиля:»[5]

$$M_{п1} = \frac{M_{п} \cdot B}{2 \cdot L} \quad (48)$$

«где $M_{п}$ - подрессоренная масса автомобиля, кг;

B - расстояние от центра масс до задней оси автомобиля, м;

L - база автомобиля.

Статическая нагрузка, действующая на пружину и подпружинник и подрессоренная масса, приходящаяся на колесо, связаны между собой через передаточное отношение $i_{ху}$ между пятном контакта колеса и местом присоединения пружины к колесу. В случае, если кинематическая схема направляющего устройства подвески задана (известны координаты всех шарниров, положение оси пружины и т.д.), для определения $R_{ст}$ может использоваться программ.»[5]

$R_{ст} = 240,69$ кГ.

«Длина пружины вместе с подпружинником под статической нагрузкой из компоновочных соображений:»[5]

$L_{ст} = 277,08$ мм.

«Динамический ход сжатия пружины с подпружинником также связан с ходом сжатия колеса через передаточное отношение.»[5]

$f_{дин} = 95,18$ мм, округляем в меньшую сторону, учитывая

податливость верхней опоры: $f_{дин} = 95$ мм.

«Средний диаметр пружины (из компоновочных соображений):»[5]

$D_{ср}^{пр} = 72$ мм.»[5]

«Средний диаметр подпружинника:»[5]

$D_{ср}^{под} = 74,1$ мм.

«Задаёмся вначале меньшей жёсткостью пружины и

подпружинника:»[5]

Спр = 39,0 кГ/см, Спод = 90,42 кГ/см.

«Модуль упругости второго рода (модуль сдвига):»[5]

$G = 781000 \text{ кГ/см}^2$ для стали Ст60С2А (пружина) и Ст50ХФА (подпружинник) ГОСТ14959-79.

«Задаёмся числом рабочих витков пружины и подпружинника:»[5]

$i_p^{\text{пр}} = 9,5; i_p^{\text{под}} = 2,0$

«Исходные данные для расчёта пружины и подпружинника сведены в таблицу 14»[5]

Таблица 14 - Исходные данные для расчёта пружины и подпружинника

Параметр	Значение
Статическая нагрузка на пружину с подпружинником	240,69 кГ
Динамический ход сжатия пружины с подпружинником	9,52 см
Ход отбоя пружины с подпружинником	9,884 см
Жёсткость пружины	39 кГ/см
Жёсткость подпружинника	90,42 кГ/см
Модуль сдвига	781000
Средний диаметр пружины	7,2 см
Средний диаметр подпружинника	7,41 см
Число рабочих витков пружины	9,5
Число рабочих витков подпружинника	2,0

«Расчёт геометрических и силовых параметров упругого элемента задней подвески

Упругий элемент задней подвески состоит из пружины и подпружинника, работающих последовательно и соединённых через стакан. Жёсткости пружины и подпружинника подобраны таким образом, что подпружинник при статической нагрузке находится уже в

сжатом состоянии и включается в работу только при ходе отбоя.

Расчёт упругого элемента заключается в расчёте кинематики пружины и подпружинника при статической нагрузке, динамическом ходе сжатия, при ходе отбоя.

При расчёте упругого элемента используются следующие параметры:

$C_{эkv}$ - эквивалентная жёсткость (суммарная жёсткость при совместной работе пружины и подпружинника);

$I_{пр}$ - изменение длины пружины при приложении нагрузки;

$I_{подпр}$ - изменение длины подпружинника при приложении нагрузки.

Эквивалентная жёсткость упругого элемента:»[5]

$$C_{эkv} = \frac{C_{пр} \cdot C_{подпр}}{C_{пр} + C_{подпр}} \cdot i^2 = \frac{39 \cdot 9042}{39 + 9042} \cdot 1,15^2 = 305 \text{ кг/см} \quad (49)$$

$$I_{пр} + I_{подпр} = \frac{P_i}{C_{эkv}} \quad \frac{I_{пр}}{I_{подпр}} = \frac{C_{подпр}}{C_{пр}} \quad (50)$$

«Решая систему из двух последних уравнений, задавшись при этом максимальным $I_{подпр}$ - изменением длины подпружинника при приложении нагрузки, находим точку перехода. Точка перехода – это точка, в которой подпружинник сжимается до соприкосновения витков, что приводит к изменению параметров упругого элемента. При дальнейшем сжатии после точки перехода работа упругого элемента сводится к работе одной пружины.

Найдём нагрузку на пружину, при которой подпружинник сожмётся до соприкосновения витков. $I_{подпр} = 29,5$ мм (из компоновочных соображений).

Ход пружины от свободного состояния до того, как сожмётся подпружинник:»[5]

$$I_{np} = \frac{2,95 \cdot 90,42}{39} = 6,84 \text{ см} \quad (51)$$

«Нагрузка в момент полностью сжатого подпружинника:»[5]

$$P_{пер} = (2,95 + 6,84) \times 30,5 = 298,59 \text{ кГ}$$

«Статическая нагрузка на пружину с подпружинником»[5] $P_{ст} = 240,69$

кГ. «Нагрузка воспринимается не только пружиной, но и подпружинником, т.к. при статике он ещё не сжат.

Определим изменение длин пружины и подпружинника при статической нагрузке:

Суммарный ход»[5]

$$l_{ст}^{\Sigma} = P_{ст} / C_{эКВ} = 7,89 \text{ см} = l_{ст}^{пр} + l_{ст}^{под}$$

$$L_{ст}^{\Sigma} = L_0^{\Sigma} - l_{ст}^{\Sigma} = 35,6 - 7,89 = 27,708 \text{ см} \quad (52)$$

$$l_{ст}^{пр} / l_{ст}^{под} = C_{под} / C_{пр} = 2,318$$

$$l_{ст}^{под} = l_{ст}^{пр} / 2,318$$

$$l_{ст}^{пр} + l_{ст}^{пр} / 2,318 = 7,89 \text{ см}$$

Отсюда

$$l_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 5,513 \text{ см}; \quad l_{\text{ст}}^{\text{под}} = 7,89 - 5,513 = 2,378 \text{ см}$$

«Длина пружины при статической нагрузке:»[5]

$$L_{\text{ст}}^{\text{пр}} = 303 - 55,13 = 248,7 \text{ мм}$$

«Длина подпружинника при статической нагрузке:»[5]

$$L_{\text{ст}}^{\text{под}} = 56 - 23,78 = 32,22 \text{ мм}$$

«Длина подпружинника в состоянии, когда он сжат:»[5]

$$L_{\text{в}}^{\text{под}} = 56 - 29,5 = 26,5 \text{ мм}$$

«Определим изменение длин пружины и подпружинника при ходе отбоя.

Суммарный ход отбоя»[5]

$$l_{\text{отб}}^{\Sigma} = 78 \text{ мм} = l_{\text{отб}}^{\text{пр}} + l_{\text{отб}}^{\text{под}}$$

$$l_{\text{отб}}^{\text{пр}} / l_{\text{отб}}^{\text{под}} = C_{\text{под}} / C_{\text{пр}} = 2,318$$

$$l_{\text{отб}}^{\text{под}} = l_{\text{отб}}^{\text{пр}} / 2,318$$

$$l_{\text{отб}}^{\text{пр}} + l_{\text{отб}}^{\text{пр}} / 2,318 = 78 \text{ мм}$$

Отсюда

$$l_{\text{отб}}^{\text{пр}} = 54,49 \text{ мм}; \quad l_{\text{отб}}^{\text{под}} = 23,5 \text{ мм}$$

«Определим изменение длин пружины и подпружинника при динамическом ходе сжатия.

Суммарный ход сжатия»[5]

$$l_{\text{дин}}^{\Sigma} = 95,18 \text{ мм} = l_{\text{дин}}^{\text{пр}} + l_{\text{дин}}^{\text{под}}$$

$$l_{\text{дин}}^{\text{под}} = 29,5 - 23,78 = 5,72 \text{ мм}$$

$$l_{\text{дин}}^{\text{пр}} = 89,46 \text{ мм}$$

$$L_{\text{дин}}^{\text{пр}} = 248,7 - 89,46 = 159,24 \text{ мм}$$

2.2.2.3 Расчёт геометрических, весовых и силовых параметров пружины и подпружинника

«Диаметр прутка пружины:»[5]

$$d_{\text{нр}} = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot C_{\text{нр}} \cdot i_{\text{п}} \cdot D_{\text{сп}}^3}{G}} = \sqrt[4]{\frac{8 \cdot 39 \cdot 9,5 \cdot 7,2^3}{781000}} = 1,098 \text{ см} = 10,98 \text{ мм} \quad (53)$$

«Округляем в большую сторону и получаем:»[5] $d_{\text{нр}} = 11 \text{ мм}$.

«Стороны прутка подпружинника:»[5]

$$a = \frac{C_{\text{подпр}} \cdot \pi \cdot D_o^3 \cdot i_{\text{п}}}{4 \cdot G \cdot \beta \cdot b^3} = \frac{90,42 \cdot \pi \cdot 7,41^3 \cdot 2}{4 \cdot 781000 \cdot 0,229 \cdot 0,64^3} = 1,232 \text{ см} \cong 1,23 \text{ см} \quad (54)$$

$$b = \sqrt[3]{\frac{C_{\text{подпр}} \cdot \pi \cdot D_o^3 \cdot i_p}{4 \cdot G \cdot \beta \cdot a}} = \sqrt[3]{\frac{90,42 \cdot \pi \cdot 7,41^3 \cdot 2}{4 \cdot 781000 \cdot 0,229 \cdot 1,31}} = 0,627 \text{ см} \cong 0,63 \text{ см} \quad (55)$$

«Жёсткость пружины:»[5]

$$C_{\text{пр}} = \frac{G \cdot d_{\text{пр}}^4}{8 \cdot i_p \cdot D_{\text{сп}}^3} = \frac{781000 \cdot 1,1^4}{8 \cdot 9,5 \cdot 7,2^3} = 40,5 \text{ кГ/см} \quad (56)$$

«Жёсткость подпружинника:»[5]

$$C_{\text{подпр}} = \frac{4 \cdot G \cdot \beta \cdot a \cdot b^3}{\pi \cdot D_o^3 \cdot i_p} = \frac{4 \cdot 781000 \cdot 0,229 \cdot 1,23 \cdot 0,63^3}{\pi \cdot 7,41^3 \cdot 2} = 96,06 \text{ кГ/см} \quad (57)$$

«Длина пружины в свободном состоянии:»[5]

$$L_0 = L_{\text{ст}} + l_{\text{ст}} = 248,7 + 55,13 = 303,83 \text{ мм.}$$

«Длина пружины, сжатой до соприкосновения витков:»[5]

$$L_{\text{в}} = i_{\text{п}} \cdot d_{\text{пр}} + i_{\text{п}} \cdot 0,25 + 0,05 \cdot d_{\text{п}} = 11 \cdot 11 + 11 \cdot 0,25 + 0,05 \cdot 11 = 124,3 \text{ мм}$$

«где $i_{\text{п}}$ - полное число витков пружины;

0,25 - коэффициент, учитывающий толщину покрытия и допуск на диаметр витка, мм.

0,05 - коэффициент, учитывающий допуск на длину концевых витков.

Межвитковый зазор в пружине при динамическом ходе сжатия:»[5]

$$\delta = \frac{L_{дин} - L_в}{i_p} = \frac{159,24 - 124,3}{9,5} = 3,7 \text{ мм} \quad (58)$$

«Нагрузка пружины при статической длине:»[5]

$$P_{ст} = 240,695 \text{ кГ}$$

«Нагрузка пружины при полном динамическом ходе сжатия»[5]

$$P_{дин} = (L_о - L_{дин}) \cdot C_{пр} = (30,38 - 15,924) \cdot 39 = 585,59 \text{ кГ} \quad (59)$$

«Нагрузка пружины, сжатой до соприкосновения витков»[5]

$$P_в = (L_о - L_в) \cdot C_{пр} = (30,38 - 12,43) \cdot 39 = 727,1 \text{ кГ} \quad (60)$$

«Нагрузка пружины при полном ходе отбоя:»[5]

$$P_{отб} = 1_{отб} \cdot C_{пр} = 5,449 \cdot 39 = 220,68 \text{ кГ} \quad (61)$$

«Длина навиваемого прутка пружины:»[5]

$$l_{пр} = \sqrt{(i_p \cdot \pi \cdot d_{сп})^2 + (L_{ст} - d_{нп})^2} + (i_n - i_p) \cdot \pi \cdot d_{сп} = 2501,57 \text{ мм} \quad (62)$$

«Масса пружины:»[5]

$$m = \frac{\pi \cdot d_{нп}^2}{4} \cdot \ln p \cdot p = 237732,15 \cdot 7800 \cdot 10^{-9} = 1,85 \text{ кГ} \quad (63)$$

«Нагрузка подпружинника, сжатого до соприкосновения витков:»[5]

$$P_B = (L_0 - L_B) \cdot C_{\text{под}} = (5,6 - 2,95) \cdot 96,06 = 283,38 \text{ кГ} \quad (64)$$

«Нагрузка подпружинника при полном ходе отбоя:»[5]

$$P_{\text{отб}} = l_{\text{отб}} \cdot C_{\text{под}} = 2,35 \cdot 96,06 = 225,74 \text{ кГ} \quad (65)$$

«Длина навиваемого прутка подпружинника:»[5]

$$L_{\text{пр}} = \sqrt{(i_p \cdot \pi \cdot d_{cp})^2 + (L_{cm} - d_{np})^2} + (i_n - i_p) \cdot \pi \cdot d_{cp} = 815,7 \text{ мм} \quad (66)$$

«Масса подпружинника:»[5]

$$m = a \cdot b \cdot l_{\text{пр}} \cdot \rho = 6,3 \cdot 12,3 \cdot 815,7 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 0,49 \text{ кг} \quad (67)$$

2.2.2.4 Расчёт пружины на прочность

«Расчет напряжения в цилиндрической пружине, свитой из прутка круглого сечения, для любой i -ой нагрузки ведётся по формуле:»[5]

$$\tau_i = \frac{8 \cdot K \cdot D_{cp}}{\pi \cdot d_{np}^3} \cdot P_i, \quad (68)$$

«где τ - текущее значение напряжения;

P_i - текущее значение нагрузки пружины, кГ»[5]

« K - коэффициент формы пружины, учит-й концентрацию напряжений на внутренней поверхности витка от кривизны прутка и действия поперечной силы.

Для определения коэффициента K различными авторами предложен ряд

формул, основанных на использовании соотношения $W = D_{cp}/d_{пр} : \gg [5]$

$$1. K = \frac{W + 0.5}{W - 0.75} \quad \text{или}$$

$$2. K = \frac{4 \cdot W + 1}{4 \cdot W - 4} + 0.615 \cdot \frac{1}{W} \quad \text{или}$$

$$3. K = 1 + \frac{5}{4 \cdot W} + \frac{7}{8 \cdot W^2} + \frac{1}{W^3}$$

«Результаты расчетов по этим формулам сведены в таблицу 15»[5]

Таблица 15 - Определение коэффициентов К

Формула №	1	2	3
Коэффициент К	1,261	1,276	1,260

«Напряжение сдвига при статической нагрузке:»[5]

$$\tau_{ст} = \frac{8 \cdot 1,266 \cdot 72}{\pi \cdot 13,1} \cdot 240,69 = 39,53 \text{ кГ / мм}^2 \quad (69)$$

«Напряжение сдвига при нагрузке динамического хода сжатия:»[5]

$$\tau_{дин} = \frac{8 \cdot 1,266 \cdot 72}{\pi \cdot 13,1^3} \cdot 585,59 = 71,77 \text{ кГ / мм}^2 \quad (70)$$

«Напряжение сдвига пружины, сжатой до соприкосновения витков:»[5]

$$\tau_6 = \frac{8 \cdot 1,266 \cdot 72}{\pi \cdot 13,1^3} \cdot 727,1 = 94 \text{ кГ / мм}^2 \quad (71)$$

«Допускаемое напряжение для пружин из стали С2А для задней подвески обычно берется равным 90...97 кГ/мм². Таким образом, рассчитанная пружина удовлетворяет условиям прочности. Кроме того, на пружинах подвесок спортивных автомобилей допустимо превышение расчётных напряжений допускаемые.»[5]

2.2.2.5 Расчёт подпружинника на прочность

«Для пружин прямоугольного поперечного сечения напряжения сдвига определяются по формуле:»[5]

$$\tau_i = \frac{\kappa \cdot D_o}{2 \cdot W_k} \cdot P_i, \quad (72)$$

«где W_k - момент сопротивления сечения вала кручению»[5]

$$W_k = \alpha \cdot b \cdot a^2 \quad (73)$$

$\alpha = 0,246$ для отношения сторон $b/a = 2$

$\kappa = 2,9$

$$W_k = 0,246 \cdot 6,4 \cdot 13,1^2 = 270,183 \text{ мм}^3$$

«При статической нагрузке:»[5]

$$\tau_{cm} = \frac{2,9 \cdot 74,1}{2 \cdot 270,183} \cdot 240,69 = 95,66 \text{ кГ / мм}^2 \quad (74)$$

«При нагрузке на подпружинник, сжатый до соприкосновения витков:»[5]

$$\tau_{\epsilon} = \frac{2,9 \cdot 74,1}{2 \cdot 270,183} \cdot 283,38 = 227,47 \text{ кГ} / \text{мм}^2 \quad (75)$$

2.2.2.6 Предельные значения параметров пружины и подпружинника

«Податливость пружины:»[5]

$$\frac{1}{C_{пр}} = \frac{1}{4,05} = 0,247 \text{ мм} / \text{кГ} \quad (76)$$

«Податливость подпружинника:»[5]

$$\frac{1}{C_{под}} = \frac{1}{9,606} = 0,111 \text{ мм} / \text{кГ} \quad (77)$$

«Допуск на податливость берется $\pm 3\%$ от $1/C$

Для пружины:»[5]

$$\Delta \frac{1}{C} = \pm 0,03 \cdot \frac{1}{C_{пр}} = \pm 0,0074 \text{ мм} / \text{кГ} \quad (78)$$

«Для подпружинника:»[5]

$$\Delta \frac{1}{C} = \pm 0,0332 \text{ мм} / \text{кГ}$$

«Допуск на статическую нагрузку:»[5]

$$\Delta P_{ст} = \pm (0,04...0,06) \times P_{ст} = \pm (9,62...14,43) \text{кГ}$$

«Допуск на диаметр прутка :»[5]

Для $d_{пр} < 25 \text{ мм}$ $\Delta d_{пр} = \pm 0,05 \text{ мм}$

«Допуск на внутренний диаметр пружины:»[5]

$$\Delta d_{вн} = \pm 1 \% = \pm 1 \text{ мм}$$

2.2.3 Расчёт дополнительной жёсткости подвески

2.2.3.1 Жесткость рычагов стабилизатора

«Изгибную жесткость рычага стабилизатора можно рассчитать по формуле:»[5]

$$C_L = \frac{3EJ_x}{L^3}, \text{ Н/м} \quad (79)$$

«где J_x - осевой момент инерции сечения рычага, м^4 ;
для двутавра :»[5]

$$J_x = \frac{a \cdot h^3}{12} + \frac{e}{12}(H^3 - h^3) \quad (80)$$

« E – модуль продольной упругости материала.

Для стали принимаем $E = 2,11 \cdot 10^{11}$ Па.

L – длина рычага, м.»[5]

$$J_x = \frac{2 \cdot 24^3}{12} + \frac{20}{12}(30^3 - 24^3) = 24,3 \text{ м}^4$$

«Тогда жесткость рычага, приведенную к закрутке торсиона, можно рассчитать как»[5]

$$C_\phi = C_L \cdot L^2 = \frac{3EJ}{L}, \text{ Нм/рад} \quad (81)$$

$$C_{\phi 1} = \frac{3 \cdot 2.11 \cdot 10^{11} \cdot 24.3}{0.229} = 6.71 \cdot 10^{13} \text{ Нм / рад}$$

«Левый и правый рычаг стабилизатора представляет собой двутавр. Двутавр обладает высокой прочностью и жесткостью. Так как рычаги стабилизатора абсолютно одинаковые производим расчет на жесткость для одного рычага. Отсюда следует что»[5] $C_{\phi 3} = 6.71 \cdot 10^{13} \text{ Нм / рад}$

2.2.3.2 Жёсткость торсиона на кручение

«Жесткость торсиона на кручение рассчитывается по формуле»[5]

$$C_{\phi 2} = \frac{GJ_p}{a}, \text{ Нм/рад,} \quad (82)$$

«где G — модуль сдвига (модуль упругости второго рода). Для титана принимаем $G = 4,41 \cdot 10^{10} \text{ Па}$

J_p — центробежный момент инерции сечения торсиона. для круга»[5]

$$J_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} \text{ м}^4 \quad (83)$$

«a — длина торсиона, м.

Жесткость титанового торсиона диаметром 17 мм на кручение составляет»[5]

$$C_{\phi 2} = \frac{4,41 \cdot 10^{10} \cdot \pi \cdot 0,017^4}{32 \cdot 1,08} = 335 \text{ Нм/рад} \quad (84)$$

2.2.3.3 Жесткость стабилизатора на кручение

«Жесткость стабилизатора на кручение рассчитывается по формуле:»[5]

$$C_{\varphi} = \frac{C_{\varphi 1} \cdot C_{\varphi 2} \cdot C_{\varphi 3}}{C_{\varphi 1} \cdot C_{\varphi 2} + C_{\varphi 1} \cdot C_{\varphi 3} + C_{\varphi 2} \cdot C_{\varphi 3}}, \text{ Нм/рад} \quad (85)$$

«Стабилизатор имеет жесткость»[5] 334 Нм/рад,

« Для сравнения стабилизатор передней подвески автомобиля ВАЗ-2190 с диаметром торсиона 16 мм имеет расчетную жесткость 273 Нм/рад.»[5]

2.2.3.4 Силы на стойках привода стабилизатора и дополнительная угловая жесткость подвески

«Расчет усилий на стойках привода стабилизатора проводим для двух вариантов нагружения — при полном разноименном ходе подвески (для оценки нагруженности стабилизатора) и при ходе подвески ± 30 мм (для оценки дополнительной угловой жесткости подвески). Так как рычаги стабилизатора симметричны усилия и дополнительная жесткость будут одинаковыми при крене кузова в левую и правую стороны, поэтому расчеты проводим в одну сторону.

Момент закрутки стабилизатора»[5]

$$M_{\varphi} = C_{\varphi} \cdot \varphi_{\text{см}}, \quad (86)$$

«где $\varphi_{\text{см}}$ — угол закрутки стабилизатора по рычагам.

Сила на стойке привода стабилизатора»[5]

$$P_{\varphi} = M_{\varphi} / l_{\varphi}, \quad (87)$$

«где l_{φ} — длина плеча стабилизатора.

Сила на колесе»[5]

$$P_{\varphi k} = P_{\varphi} / i_{\text{см}}, \quad (88)$$

«где $i_{\text{см}}$ — передаточное число стойки привода стабилизатора.

Дополнительная жесткость подвески (на колесо)»[5]

$$C_{\kappa} = \frac{P_{\varphi_{\text{лев}}} + P_{\varphi_{\text{прав}}}}{2 \cdot h \cdot 9,81}, \text{ кГс/см,} \quad (89)$$

«где $h = 3$ см — ход подвески.

Результаты расчетов сведены в таблицу 16»[5]

Таблица 16 - Исходные данные и результаты расчётов

Расчетные параметры	Крен вправо	
	Полн.	ход ± 30
Угол закрутки стабилизатора, град	63,6	16,6
Момент закрутки Стабилизатора	368	93
Длина левого плеча стабилизатора, мм	100,0	174,0
Длина правого плеча стабилизатора, мм	154,6	173,5
Сила на левой стойке привода стабилиз., Н	3680	534,5
Сила на правой стойке привода стабилиз., Н	2380	536
Передаточное число левой стойки привода стабилиз.	1,27	1,18
Передаточное число правой стойки привода стабилиз.	1,18	1,17
Сила на левом колесе, Н	2898	453
Сила на правом колесе, Н	2017	458,1
Дополнительная жесткость подвески, кГ/см		15,5

2.2.3.5 Показатели нагруженности стабилизатора

«Максимальные касательные напряжения торсиона при разноименных ходах подвески. Расчет проводится по формуле:»[5]

$$\tau = \frac{M_{\max}}{W} \text{ Па} \quad (90)$$

«где - M_{\max} — максимальный момент закрутки торсиона, Нм ;
 W — полярный момент сопротивления сечению, м³ ;»[5]

для круга $W = \frac{\pi d^3}{16}$

$$\tau = \frac{368}{9,64 \cdot 10^{-7}} = 382 \text{ МПа} = 38,9 \text{ кг/см}^2 < [\tau] = 54,7 \text{ кг/см}^2$$

2.2.3.6. Результаты и выводы

«Расчетная дополнительная жесткость подвески от стабилизатора диаметром»[5] 17мм составляет 15,5 кг/см (15,2 Н/мм).

«Нагруженность стабилизатора поперечной устойчивости»[5] 38,9 кг/см. Не превышает нагруженность стабилизатора ВА3-2190 (39,7 кг/см²).»[5]

2.2.4. Расчёт угловой жёсткости подвески

Схема автомобиля на рисунке 13.

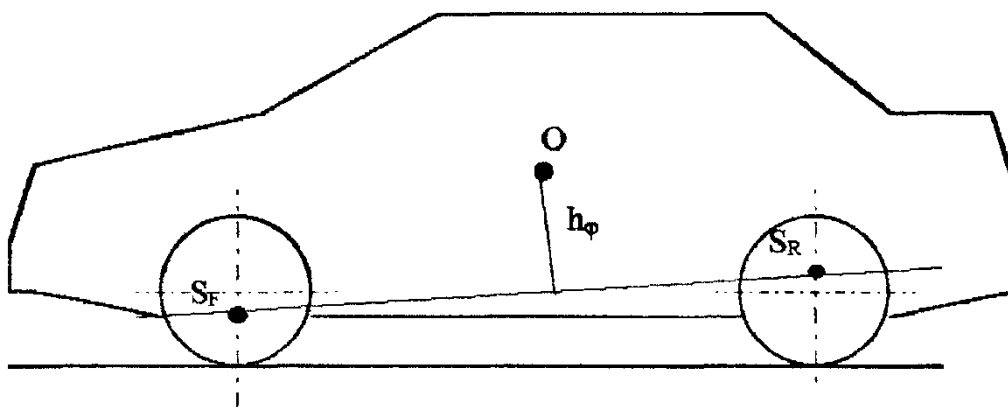


Рисунок 13 - Расположение оси крена автомобиля

«Здесь точка O - центр поддрессоренной массы.

Крен кузова автомобиля происходит относительно воображаемой линии, называемой осью крена, и соединяющей центры крена передней и задней подвесок. Центробежная сила (сила инерции) приложенная в точке О создаёт момент:»[5]

$$M = j_y \cdot m_n \cdot h_\varphi \quad (91)$$

«Где - m_n – подрессоренная масса автомобиля, кг ;
 j_y – боковое ускорение автомобиля, m/c^2 ;
 h_φ – плечо крена (расстояние от точки О до оси крена).

Кроме того при смещении точки S и (или) точки О в сторону, возникает момент от силы тяжести подрессоренной массы. Этот момент может быть вычислен по формуле:»[5]

$$M_2 = m_n \cdot g \cdot (h_\varphi \cdot \varphi + dy_s) \quad (92)$$

«Следует отметить, что величина h_φ также не является величиной постоянной, и зависит от угла крена φ .

Сумма моментов $M_1 + M_2$ (наружного и внутреннего) вызывает крен подрессоренной массы, в результате которого подвески наружных колёс совершают ход сжатия, а подвески внутренних – ход отбоя. При этом усилия в упругих элементах создают реактивный момент, уравновешивающий сумму моментов $M_1 + M_2$. Уравнение установившегося крена можно записать как»[5]

$$j_y \cdot m_n \cdot h_\varphi + m_n \cdot g \cdot (h_\varphi \cdot \varphi + dy_s) = \varphi \cdot (C_{y12} + C_{y34}), \quad (93)$$

«где C_{y12} – угловая жесткость передней подвески, Нм/рад ;
 C_{y34} – угловая жесткость задней подвески, Нм/рад.

Условие наименьшего кручения кузова обеспечивает такое распределение угловых жесткостей, что»[5]

$$(M_1 + M_2) / C_{y12} = (M_1 + M_2) / C_{y34} \quad (94)$$

«Угловая жёсткость задней подвески без стабилизатора, без учёта включения буферов сжатия, жёсткости верхней опоры может быть рассчитана как:»[5]

$$C_{y34} = 0,25 \cdot B^2 \cdot C_{n34} \quad (95)$$

«где - B – колея задних колес автомобиля, м;
 C_{n34} – нормальная жёсткость задней подвески, Н/м;»[5]

$$C_{n34} = (C_{n_{лев}} + C_{n_{прав}}) / I^2, \quad (96)$$

«где - $C_{n_{сжат.}}$ – нормальная жёсткость правой (левой) задней подвески при ходе сжатия Н/м;

$C_{n_{отб.}}$ – нормальная жёсткость левой (правой) задней подвески при ходе отбоя Н/м;

I – передаточное отношение подвески.

На ходе сжатия жёсткость упругого элемента (с прогрессивной характеристикой) примерно равняется жёсткости пружины, т.к. в процессе сжатия подпружинник сжимается до соприкосновения витков, а дальше действует пружина. На ходе отбоя жёсткость упругого элемента равняется эквивалентной жёсткости пружины и подпружинника.»[5]

$$C_{отб.} = 29920,5 \text{ Н/м};$$

$$C_{сжатия} = 38259 \text{ Н/м}.$$

«Нормальная жёсткость подвески:»[5]

$$C_{n34} = (29920,5 + 38259) / 1,1194 = 60907 \text{ Н/м};$$

«Угловая жесткость подвески:»[5]

$$C_{y34} = 0,25 \cdot 1,48^2 \cdot 60907 = 33352,7 \text{ Нм/рад};$$

«Угол крена подвески:»[5]

$$\varphi = m_{\Pi} \cdot j_y / (C_{y34} - m_{\Pi} \cdot g \cdot h_{\varphi}) \quad (97)$$

$$\varphi = 1050 \cdot 4 / (33352,7 - 1050 \cdot 9,81 \cdot 0,422) = 0,145 \text{ рад} = 8^{\circ}15'$$

$$\Delta C_{y34} = m_{\Pi} \cdot j_y / \varphi + m_{\Pi} \cdot g \cdot h_{\varphi} - C_{y34} \quad (98)$$

$$\Delta C_{y34} = 1050 \cdot 4 / 0,063 + 1050 \cdot 9,81 \cdot 0,422 - 33352,7 = 37660,8 \text{ Нм/рад}$$

«Согласно расчету расчётная максимальная дополнительная жёсткость подвески от стабилизатора диаметром 17мм составляет 15,5 кГ/см = 15200 Н/м; дополнительная угловая жёсткость при этом достигает 8323,52 Нм/рад. Таким образом для обеспечения условия: $\varphi = 3^{\circ}6'$ при $j_y = 4 \text{ м/с}$ необходимо добавить ещё $37660,8 - 8323,52 = 29337,28 \text{ Нм/рад}$. В процессе проектировочных расчетов задней подвески были достигнуты основные цели данного дипломного проекта, т.е. улучшенная управляемость и устойчивость автомобиля благодаря повышенной угловой жёсткости спроектированной подвески, низкое расположение центра её крена, применение упругих элементов с прогрессивной характеристикой, применение стабилизатора поперечной устойчивости.»[5]

3 **Безопасность и экологичность объекта**

Большую часть жизни человека происходит в антропогенных системах. Активные хозяйственные мероприятия - осваивать новые территории, «преобразовать природу», создавать искусственные экосистемы, такие как город, неизбежно приводили к усугублению состояния экологической среды и соответственно, качества жизни человека.

Автотракторные сельхозпредприятия по конфигурации, месторасположению, функционированию промышленного периода подразумеваются техногенными истоками для любых заселённых пунктов.

Особенность автотранспортных предприятий по охране труда - на ограниченном участке имеется большое число циклов производства, в которых выполняются ремонт, помывка, окраска, монтаж, тестирование и иные работы.

Эти виды работ связаны с опасным и вредным производственным фактором, воздействующим на человека во время работы, и с определённым давлением окружающей среды - сточные, ливневоды, воздуха, выбрасываемого из вентиляционных систем, стоянок автобусов, автомобилей и горячих цехов и так далее.

Поэтому необходимо четкое инженерное решение задач, направленных на обеспечение безопасности людей в производстве и снижение антропогенного воздействия автотранспортных предприятий к окружающей среде.

В процессе работы человек обращается к объектам труда, к орудиям труда, к остальным людям. К тому же на него воздействуют всевозможные аспекты промышленной обстановке, там где творится деятельность: теплоёмкости, сырости и движения воздуха, звука, вибрации, вредных веществ.

Все это в целом характеризует определённые условия труда человека.

Большая часть трудовых условий зависит от здоровья и работоспособности человека, от его отношения к работе и от результатов труда человека. При плохой обстановке резко ухудшается производительность работы и возникают предпосылки к травмам и профессиональным заболеваниям.

3.1 Описание рабочего места, оборудования, выполняемых операций

Схема рабочей зоны для инженерно-технических работников представлена на рисунке 14.

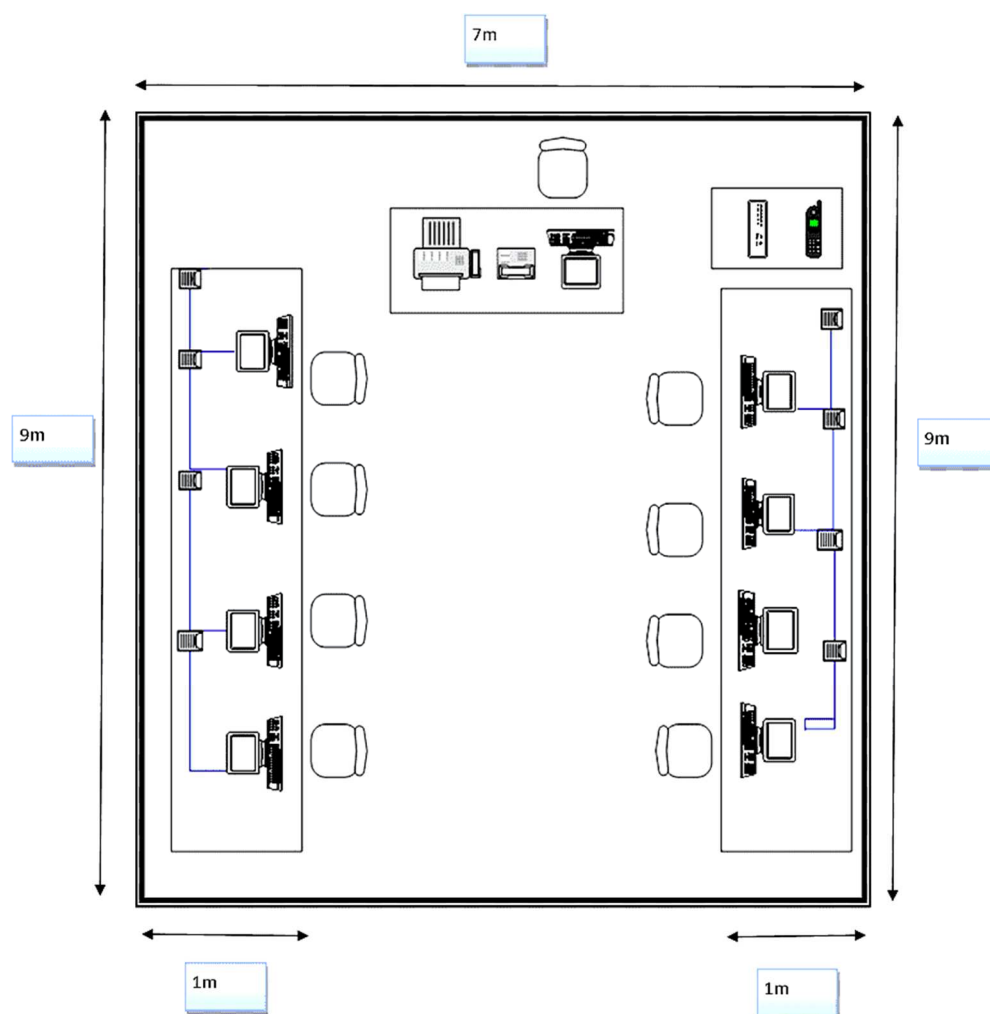


Рисунок 14 – Схема рабочей зоны ИТР

«Основные операции дипломного проекта включают:

выполнение чертежей, расчёты и составление пояснительной записки. Эти операции осуществляются на компьютерах или Pentium. Кроме техники они требуют различного программного обеспечения, соответствующих знаний, а также дополнительного (по сравнению с выполнением дипломного проекта вручную) времени на ввод информации и вывод результатов на печать. Для вывода на печать существуют специальные устройства, с которыми очень часто приходится иметь дело (принтеры, плоттеры). Большая же часть работы выполнена на компьютерах машинного зала НТЦ.

Рабочее место находится в машинном зале НТЦ. Это помещение площадью 6x10 м² и высотой 4м, в котором расположены терминалы и персональные вычислительные машины (далее - ВДТ и ПЭВМ) в количестве 8 комплектов. Помимо этого в помещении расположены устройства для вывода на печать и серверы.»[7]

3.2 Опасные и вредные производственные факторы

«Основными опасными и вредными производственными факторами при работе с ВДТ и ПЭВМ являются: повышенный уровень статического электричества; повышенное напряжение в электроцепи; электромагнитные излучения; ионизация окружающего воздуха. Источниками шума и вибраций являются: устройства, выводящие на печать (принтер, плоттер), системные блоки, клавиатура. Источниками повышенного уровня статического электричества, электромагнитных излучений, ионизации окружающего воздуха являются, в основном, дисплеи, а также системные блоки, серверы.»[7]

«Опасные и вредные производственные факторы указаны в таблице 17, с указанием видов работ или оборудования, при работе на котором он встречается.

Напряжение питания ВДТ и ПЭВМ (220 В) при несоблюдении мер безопасности представляет собой серьёзную опасность для здоровья и жизни людей.

Машинный зал по пожарной опасности относится к категории Д – это производства, в которых обрабатываются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии (цеха холодной обработки материалов и т.д.).»[7]

Таблица 17 – Опасные и вредные производственные факторы

Название фактора опасного на производстве	Стадии работ, техническое оснащение с использованием которого попадают опасные факторы производства
Статическое электричество	Образуется при работе на ЭВМ, плоттеров, принтеров, а также от работы системных блоков и серверов.
Высокое напряжение в электроцепи.	Подключение электроприборов.
Электромагнитные излучения.	Возникают в результате работы ПЭВМ и ВДТ, а также от работы системных блоков и серверов.
Ионизация окружающего воздуха.	Возникают в результате работы ПЭВМ и ВДТ, а также от работы системных блоков и серверов.
Монотонность труда	Возникают в результате работы на ПЭВМ.
Перенапряжение анализаторов (зрительных)	Возникают в результате работы на ПЭВМ.
Статическая нагрузка	Возникают в результате работы на ПЭВМ из-за длительного сидячего положения.

3.3 Воздействие производственного фактора на организм работающих

«Высокое напряжение в электроцепи приводит к тому ,что в случае контакта человека с электрическим током сильно поражается человек.

Ионизация окружающего воздуха приводит к чувству усталости, может наблюдаться тошнота.

Монотонность труда приводит к быстрой утомляемости человека, способствует снижению внимания и увеличению числа ошибок при выполнении работы, снижается производительность труда и ухудшается качество работы.

Перенапряжение анализаторов в нашем случае зрения. Высокая долговременная нагрузка на зрительные анализаторы приводит к постепенному снижению зрения, появлению близорукости и дальнозоркости, астигматизму глаза.

Статическая нагрузка приводит к ухудшению кровообращения, а также появляется раздражительность и утомляемость.»[7]

3.4 Организационные, технические мероприятия по созданию безопасных условий труда

«Для снижения и предотвращения воздействия ОВПФ необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и выполнять санитарно гигиенические нормы. Для снижения утомляемости, повышения производительности и качества работ выполняются следующие требования и проводятся мероприятия при работе с ВДТ и ПЭВМ

Требования к ВДТ и ПЭВМ

Все ВДТ имеют гигиенический сертификат, включающий в том числе оценку визуальных параметров.»[7]

«Звукоизоляция ограждающих конструкций помещения с ВДТ и ПЭВМ отвечает гигиеническим требованиям и обеспечивает нормируемые параметры шума согласно требованиям раздела 6 Санитарных правил.»[7]

«Помещение с ВДТ и ПЭВМ оборудовано системами отопления, кондиционирования воздуха и эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для внутренней отделки интерьера помещения с ВДТ и ПЭВМ используются диффузно-отражающие материалы с коэффициентом отражения для потолка - 0,7-0,8; для стен - 0,5-0,6; для пола - 0,3-0,5.

Полимерные материалы, используемые для внутренней отделки интерьера помещения с ВДТ и ПЭВМ, разрешены для применения органами и учреждениями Государственного санитарно-эпидемиологического надзора.

Поверхность пола в помещении эксплуатации ВДТ и ПЭВМ является ровной, без выбоин, нескользкой, удобной для очистки и влажной уборки, обладает антистатическими свойствами.

Мероприятия по обеспечению параметров микроклимата, содержанию аэроионов и вредных химических веществ в воздухе помещений эксплуатации ВДТ и ПЭВМ

В помещении машинного зала работа на ВДТ и ПЭВМ является основной, поэтому обеспечиваются оптимальные параметры микроклимата

Для повышения влажности воздуха в помещениях с ВДТ и ПЭВМ 2 раза в смену проводится влажная уборка полов.

Помещение с ВДТ и ПЭВМ перед началом и каждые 2 часа работы, проветривается, что обеспечивает улучшение качественного состава воздуха, в том числе и аэроионный режим.»[7]

Требования и мероприятия по шуму и вибрации

При выполнении основной работы на ВДТ и ПЭВМ в зале вычислительной техники уровень шума на рабочем месте не превышает 50 дБА.

Шумящее оборудование (АЦПУ, принтеры), уровни шума которого превышает нормированные, находится вне помещения с ВДТ и ПЭВМ.

Оборудование, являющееся источником вибраций, изолировать с помощью резиновых ковриков.

Требования и мероприятия по освещению помещений и рабочих мест с ВДТ и ПЭВМ

Ограничена отражённая блёсткость на рабочих поверхностях (экран, стол, клавиатура и др.) за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам естественного и искусственного освещения, при этом яркость бликов на экране ВДТ и ПЭВМ не превышает 40 кд/кв.м и яркость потолка, при применении системы отражённого освещения, не превышает 200 кд/кв.м

В качестве источников света при искусственном освещении применяются преимущественно лампы типа ЛБ. При устройстве отражённого освещения в производственном помещении применяется использование металлогалогенных ламп мощностью до 250 Вт.

Общее освещение выполнено в виде прерывистых линий светильников, расположенных сбоку от рабочих мест, параллельно линии зрения пользователя.

Для обеспечения нормируемых значений освещённости в помещении использования ВДТ и ПЭВМ проводят чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и своевременную замену перегоревших ламп.»[7]

«Мероприятия по организации и оборудованию рабочих мест с ВДТ и ПЭВМ

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) выполнена полумягкой, с нескользящим, не электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим лёгкую очистку от загрязнений.»[7]

«Экран видеомонитора находится от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600-700 мм, но не менее 500 мм с учётом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Высота рабочей поверхности стола составляет 750мм. Рабочий стол должен имеет пространство для ног высотой не менее

600 мм, шириной не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм.

- стационарные или съёмные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50...70 мм;

- регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 +/- 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.

Мероприятия по организации режима работы с ВДТ и ПЭВМ

Для предупреждения развития переутомления обязательными мероприятиями являются:

- проведение упражнений для глаз через каждые 20-25 минут работы за ВДТ и ПЭВМ ;

- устройство перерывов после каждого академического часа занятий, независимо от учебного процесса, длительностью не менее 15 минут;

- проведение во время перерывов сквозного проветривания помещений с ВДТ и ПЭВМ с обязательным выходом студентов из него;»[7]

- «- проведение упражнений физкультминутки в течение 1-2 минут для снятия локального утомления, которые должны выполняться индивидуально при появлении начальных признаков усталости; замена комплексов упражнений один раз в 2-3 недели.

Требования к организации медицинского обслуживания пользователей ВДТ и ПЭВМ

К непосредственной работе с ВДТ и ПЭВМ допускаются лица не имеющие медицинских противопоказаний.

Женщины со времени установления беременности и в период кормления ребенка грудью к выполнению всех видов работ, связанных с ВДТ и ПЭВМ, не допускаются.

3.5 Экологическая экспертиза машинного зала

Машинный зал - место большого скопления оргтехники, оборудования, создающего электромагнитные излучения, аэроионизацию, появление статических зарядов, шумов, вибраций. Такое воздействие ухудшает самочувствие работающего и снижает производительность труда, приводит к ухудшению памяти.

Методы борьбы с перечисленными опасными и вредными производственными факторами включают в себя комплекс мероприятий. В него входят;

- применение защитных экранов, фильтров
- строгое регламентирование времени работы с ВДТ и ПЭВМ
- предлагается установить системы кондиционирования на рабочих местах»[7]

Для того чтобы защитить людей, нужно предпринимать меры и соблюдать предельно допустимые вредные вещества, выбрасываемые в окружающую среду.

Для того чтобы защитить атмосферу на объекте применяют специальные установки для очистки воздуха в участках, где располагается оборудование. Для этого служит:

1. Обеспыливающее механическое оборудование, где пыль оседает при воздействии силы тяжести, центробежной силы или просто инерции.
2. Присадки к топливу для минимизации вредных выбросов, сажи, углеводорода и так далее.

Помимо всего прочего на рабочем месте создают стоки для ливневых, производственных или бытовых вод, или вод при мойке авто. Что касается хозяйственно-бытовых стоков, то они направляются в центральную канализационную систему, где утилизируются на отведенных участках. Иные виды сточных вод очищаются на специальном оборудовании. В первую

очередь выполняется механическая очистка, то есть отстой, где удаляется взвесь и дисперсно-коллоидные частицы. В завершении с поверхности воды собираются и утилизируются все продукты.

Для очистки сооружений ливнеотоков и мойки авто используют специальное ЖБ оборудование, которое включает в себя:

1. Песколовку.
2. Мусоросборник.
3. Фильтрующий атрибут.
4. Компонент автоматизации устранения углеводов.
5. Усадка.

Результативность использования вышеуказанного из строений подтверждается посредством подбора проб выкидываемого их них воздуха и проведения анализа в лабораторных условиях. И после этого полученные данные сравнивают с нормой допустимых выбросов соответствующими инстанциями. Если же норма превышена, то нужно внести в процесс работы коррективы, или просто улучшить систему очистки.

3.6 Безопасность в чрезвычайных и аварийных ситуациях

«При несчастном случае немедленно сообщить администрации, находящемуся вблизи инженеру и обратиться в медпункт.

Заметив нарушение инструкции другими рабочими или опасность для окружающих, не оставаться безучастным, предупредить рабочего и сообщить мастеру о необходимости соблюдения требований, обеспечивающих безопасность работы.

Если появляется чрезвычайная ситуация, то в первую очередь отключается все оборудование аварийным выключателем, к примеру:

1. Если в транспорт автоматизированной линии попадает посторонний предмет, как и на позицию выгрузки или загрузки.

2. Если человек в опасной зоне.
3. При возгорании электрического оборудования.
4. В случае короткого замыкания.
5. При неверной ориентации элемента на транспорте в рабочем положении.
6. При срабатывании любого агрегата, который в свою очередь может повлечь за собой серьезную поломку.

Если работник получил травму, нужно незамедлительно оказать первую медицинскую помощь, а также оповестить начальство по происшествии. Разумеется, сам пострадавший должен отправляться в медпункт.

При возгорании или природном катаклизме нужно обеспечить возможность оперативной эвакуации сотрудников. В соответствии со СНиП П-2 – 80, должно быть как минимум 2 пожарных выхода.

1. Должна быть только одна дверь, ведущая к пожарному выходу, в независимости от этажа.
2. Допустима работа пяти человек на площади не более 110 квадратных метра, где производство категории А, Б, Е.
3. Если площадь достигает 300 квадратных метров, то должно работать не более 25 человек с производством категории В.
4. И 50 человек на площади территории не менее 600 квадратов с производством категории Г и Д.

3.7 Мероприятия по пожарной безопасности

Машинный зал относится к помещениям категории Д, по степени пожаро-взрывоопасности производство является пожароопасное.

В случае пожара применять следующие средства: огнетушители углекислотные ОУ-2. На каждые 100 м² пола производственных помещений требуется 2 огнетушителя.»[7]

Пожарная безопасность на данный момент представляет собой полноценный комплекс организационных мер, а также технических средств, нацеленных на предупреждение воздействия опасных для работников пожарных факторов, а также для минимизации ущерба материального характера.

Противопожарная поддержка субъектов промышленного предназначения гарантируется в первую очередь высокообразованным отбором информативности огнестойкости, по группировке возгораемости колонны на рабочем месте негорючие по приделу огнестойкости. Важно ограничить распространение огня при возникновении открытого очага. Нужно обваловать и бункеровать взрывоопасные участки. Нужно использовать системы противодымной защиты и разработать план эвакуации с объекта людей, при этом настроить автоматические системы оповещения и пожаротушения.

Огромное значение при выполнении мер пожарной безопасности, а также взрывобезопасности играет оценка безопасности на производстве.

Обеспечение пожарной безопасности. Помещения оборудованы общеобменной вентиляционной системой. Воздух подается в верхнюю или рассеянную зону помещений или рассеивается в рабочей зоне с скоростью, обеспечивающей подвижность воздуха на рабочей зоне не более 0.2 м.с. Оборудование, которое является источником выбросов вредного и ядовитого вещества, оснащено местным отсосом. SN и P21-07-97. Индивидуальная

защита. Для того, чтобы защитить глаза от излучения, используется металлическая лента с ячеек 0.8 x 0.8 мм, где на уровне лица устанавливается органическое стекло 80 x 80 мм толщиной 3 мм, гнущее по лицу. Для защиты дыхательных органов применяется респиратор РМП- 62 по ТТУ1-301-0521-81.

Вывод

В результате работы над разделом было выявлено следующее:

- выявлены опасные и вредные производственные факторы, возникающие в процессе сборки.
- разработаны мероприятия по снижению воздействия опасных и вредных производственных факторов
- проведено описание действий в случае возникновения аварийных и чрезвычайных ситуаций на промышленном объекте.

При соблюдении выполнения разработанных мероприятий данный участок может считаться безопасным для человека и окружающей среды.

4 Технологическая часть

В широком понимании технология представляет собой совокупность приемов и методов получения и обработки сырья материала, полуфабриката, изделий, выполняемых в процессе изготовления изделий. А если говорить простым языком, то технология представляет собой «комплекс организационных мероприятий, направленных на создание обслуживания ремонта и эксплуатации изделий номинального качества и оптимальных расходов и определяющих текущее развитие науки и техники.»[5]

В целом она разработана инженерами, программистами и другими специалистами предприятия, работающими в соответствующих сферах. «Технология, как правило, рассматривается по конкретной отрасли производства, различает технологии машиностроения, информационных, телекоммуникационных, инновационных, социальных, педагогических, строительных, химических и других. В результате выполнения технологических процессов, состоящих из совокупных технологических действий, происходит качественное изменение обрабатываемой среды, ее форма строения материального технического и потребительского свойств,»[5] чтобы технологический процесс был технологическим должен иметь обязательные признаки.

Выбирать предметы труда, функционал, наук ёмкость, иметь материально-техническое обеспечение в соответствии с техническим заданием, соблюдать заданную технологию - все эти самые важнейшие понятия, необходимые для правильного соблюдения технологий. Выбирать предметы труда – предметы труда в технологическом производстве – материалы, энергоресурсы, информация, предметы живой среды и общественной среды – этот список включает в себя все компоненты живой, неживой и искусственных материальных сред, техносферу, которая используется для изготовления потребительских товаров. Функционирование

означает соответствие своей задаче, в технологиях объединены средства и методы воздействия на выбранный объект труда, методики получения или трансформации выбранного объекта труда в большинстве случаев зависят от средства труда, таких как, к примеру, существует различное средство труда для изготовления подшипника. Источники теплоты, научность в разработке новой техники должны учитывать, научные результаты технологии напрямую зависят от знаний общества, квалификации сотрудников, наличия материально-технических ресурсов, необходимых для обеспечения производства. Материальная и техническая база представляет собой комплекс средств производства материалов и веществ, которые необходимы для осуществления деятельности предприятия, не входят в состав производства, но являются необходимой базой для работы производственной системы – зданий, подъездных путей, мостов коммуникаций, источников и линий электропередач. В соответствии с техническим заданием предназначение каждой технологии - удовлетворение любых потребностей человека, и поэтому в технологиях чётко, с указанием качество и количество задаются желаемые конечные результаты или продукты. Соблюдение технологии, специфики структуры, последовательность действий в технологической системе всегда точно задано, нельзя изменять, она определяет алгоритм точное неизменное действие, если это правило нарушено, получится абсолютно другой продукт, или ничего не получится. Если технологическая операция и соответствующий метод воспроизводится стереотипным образом, т.е. повторно в том же неизменном порядке, то получится тот же результат, почти не отличаемый от предыдущего результата. По этим признакам процесса технологических процессов можно получить новое полное определение понятия технологий - строго организованного или построенного по алгоритмам, комплекса действий, организационных действий и методик воздействия вещества, энергии, информации, объектов живого природного или социального окружения.

Качество, ритмичность любого производства определяется соблюдением трудовых технологических и производственных дисциплин, трудовая дисциплина - это порядок производства, обеспечение работников сырьем, инструментом, материалом, трудом без потерь времени. Не соблюдая производственную дисциплину, нарушается принцип организации трудовых процессов в пространстве и времени - это порождает хаос и беспорядок, сама работа и ее результативность оказываются под вопросом, потому что они лишены направленности процессов. За организацию производства ответственность несёт работодатель, за ее соблюдение отвечают работники производства, дисциплина является порядком поведения или действия людей, она делится на общую обязательность и специальную общую обязательность - соблюдение законов и правил, установленных государством. Основным законом Российской Федерации является конституция Российской Федерации, специальные дисциплины распространяются на определенные сферы деятельности и обязательны только работникам и сотрудникам какой-либо организации. Специальные дисциплины - школьные дисциплины, военнослужащие, дисциплина поведения в дорогах, трудовые дисциплины, технологические дисциплины. Техничко-техническая дисциплина является строгим и тщательным соблюдением требований к технологической последовательности производства, содержащихся в документах технологической продукции, нарушение технологической техники приводит к появлению брака, в ряде случаев это может привести к серьезным авариям как на производстве, так и при эксплуатации изделий, изготовленных с нарушением технологической техники. Работникам на производстве следует следовать правилам поведения, регламентированным трудовым кодексом, трудовой кодекс является основным законодательным актом по труду.

4.1 Анализ технологичности конструкции задней подвески

4.1.1 Изменения конструкции, приводящие к изменению техпроцесса

«По составу и общему количеству деталей проектируемая подвеска, существенно отличается от базовой. Проектируемая подвеска, в отличие от базовой, является независимой и крепится к поперечине задней подвески, который в свою очередь монтируется на кузов автомобиля.

В связи с этим, технология сборки проектируемой подвески для легкового переднеприводного автомобиля LADA GRANTA, усложняется и увеличивается время на сборку в сравнении с базовым вариантом исполнения задней подвески.»[5]

4.1.2 Общие требования к технологичности конструкции подвески

«а) Возможность узловой сборки.

Сборка задней независимой подвески может осуществляться независимо от сборки всего автомобиля.

б) Возможность одновременного и независимого присоединения узлов к базовому элементу изделия.

Ходовая часть соединяется с трансмиссией и после этого монтируется на кузов автомобиля вместе с ней.

в) Возможность механизации сборочных работ.

Сборочные работы полностью механизированы.

г) Инструментальная доступность.

Инструмент располагается недалеко от рабочего (не более 1,5м) и на приемлемой высоте (около 1м), что обеспечивает хороший доступ к нему.

д) Контролепригодность.

Моменты затяжки болтов контролируются самим пневмоинструментом.

е) Высокая степень унификации деталей и сборочных единиц.

Большинство деталей проектируемой задней независимой подвески унифицировано с серийно выпускаемой подвеской автомобиля LADA GRANTA.

ж) Применение несложных сборочных приспособлений.

Используются такие приспособления как рабочий стол и устройство для поддержки привода колеса.»[5]

«з) Использование методов обеспечения точности.

Использование метода полной взаимозаменяемости.»[5]

4.2 Разработка технологической схемы сборки задней независимой подвески

«Технологический процесс изготовления – процесс, включающий действия установки и формирования соединений составной части изделия по ГОСТ 2387-79. Сборная операция является технологической операцией по установке и образованию соединений в составных частях заготовок или изделий. Технологический переход – окончательная часть технологического процесса, выполняемого одним и тем же технологическим оборудованием при постоянном технологическом режиме и монтаже.

Технологический процесс сборки включает в себя следующие виды работ: подготовительные работы, мойки, сортировки и т.д.; слесарные и пригоночные; собственно сборка деталей к сборочным единицам и изделиям свинчивания, запрессовки, клепки, сварки, пайки и др.; регулируемые; контрольные и демонтажные с частичной разборкой изделий с целью подготовки их к упаковке и транспортировке. Процессы сборки зависят от конструкции изготовленного изделия, степени его дифференциации. Наиболее полные и достоверные представления о свойствах сборки изделий, о технологических свойствах и возможности организации сборочного

процесса дают схема сборки изделий и установка в процессе сборки. В этом случае изделие делится на группы, подгруппу и деталь. Сборная единица, которая непосредственно включена в изделие, называется группой. Сборная единица, входящая в изделие, входящее в группу, называется под группой. Если сборная единица прямо входит в группу, то ее называют подгруппой первой категории. Сборная единица, входящая в первую группу, называется группой второй группы и так далее. На схеме составные части изделий обозначаются прямоугольниками, разделенными на 3 части: 1 верхняя часть вписывает название составной части, 2 нижняя левая часть - название составной части. 3 в нижнем правом углу - число составных части.»[5]

«Графический вид в виде условного обозначения последовательности изготовления изделия или составной части его называется схемой изготовления изделий.»[5]

«При проектировании операций сборки определяются последовательность, возможность совмещения времени технологического перехода, выбираются оборудования, приспособлений и инструментов, составляются схемы монтажа оборудования, устанавливаются режимы работы и определяются нормы времени для технологических операций и соответствующих разрядов сборщика.»[5]

Сборные операции строятся на принципе дифференциальной и концентрационной дифференциации. Дифференциальная операция позволяет выполнять параллельно узлы и общие сборки и использовать высокопроизводительные сборочные машины. Это уменьшает длительность сборки, а следовательно, увеличивает производительность работы. Дифференциация операций используется при сборке поточного типа, концентрация – во всех других ситуациях. При концентрации процессов технологические переключения выполняются параллельно, последовательно или параллельно последовательно. Последовательность операций сборки определяется на основании схем сборки и монтажа изделий при сборке с учетом следующих требований: ранее выполненные операции должны не

осложнять выполнение следующих операций; разбивка процесса на операциях должна производиться с учетом того, что такт сборки должен быть выполнен; после выполнения операций с регулированием или пригонкой, и после выполнения операций, когда может произойти брак, следует предусмотреть контрольную операцию.

4.2.1 Составление перечня сборочных работ

«Перечень составляется в виде таблички, содержащей названия сборочных работ по последовательности, определяемой технологическими схемами общего и узлового сбора, а также данные о нормировании всех требуемых видов сборки. Эти работы очень разнообразны, и они могут быть определены только при расчете и анализа конкретных условиях сборки: полностью и точностью механических обработок деталей, поставленных на сборку, принятых методов достижения точки замыкания, принятых технологических способов выполнения соединений и т.д.»[5] В зависимости от целевого назначения работа может быть разделена на: механические обработки, выполняемые в цехе сборки; упаковка, распаковка, производство отдельных деталей; с изготовлением соединений деталей, узлов; работы, связанные с методами подъема и регулирования;

Описание технологических процессов изготовления. В этом процессе характеризуется в первую очередь установившийся объект производства, который выявил отнесение этого к массовым производствам. При большом объеме производства продукции это позволяет закреплять операции за определенное оборудование с его расположением в технологическом порядке по потоку, с широким использованием специального оборудования и механизации и автоматизации процессов производства, строгим соблюдением принципа совместимости, что позволяет резко сократить время производства сборки. «Высшая форма массового производства – это производство в непрерывном потоке, которое характеризуется тем, что каждая операция технологической линии равна времени по всем потокам, что

обеспечивает производство обработки и сборки без задержек в строго установленные сроки. Для осуществления операций, которые не укладываются в установленную такту, используются дополнительные орудия. При потоке перемещение с позиции в позицию происходит непрерывно принудительно, что позволяет параллельно, одновременно выполнять все операции на технологическом участке.»[5] Перечень сборочных работы представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Перечень сборочных работ

№	Содержание основных и вспомогательных переходов	Время, топ, мин
1	2	3
1. Сборка ступицы левого заднего колеса		
1	Взять из контейнера ступицу заднего колеса и осмотреть со всех сторон	0,15
2	Установить ступицу в приспособление	0,27
3	Взять и осмотреть рычаг задней подвески с растяжками в сборе	0,19
4	Установить на рычаг задней подвески технологическое приспособление	0,28
5	Вставить верхний конец приспособления в отверстие в ступице заднего колеса	0,56
6	Зафиксировать рычаг	
7	Закрепить гайку крепления рычага задней подвески к ступице, придерживая головки болтов от проворота	0,49 0,55
8	Взять и осмотреть рычаг стабилизатора в сборе	
9	Установить на рычаг стабилизатора технологическое приспособление	0,55
10		
11	Зафиксировать рычаг	0,58
12	Закрепить гайку крепления рычага стабилизатора задней подвески к рычагу задней подвески , придерживая головки болтов от проворота	0,56
13	Переместить ступицу с рычагами в сборе на основную сборку	0,31
Итого:		4,49
2. Монтаж задней подвески на поперечине		
1	Взять и установить поперечину задней подвески на приспособление закрепив его	0,19
2	Взять ступицу с рычагами в сборе и осмотреть	0,16
3	Вставить задние концы рычага задней подвески в кронштейны на подрамнике, отцентрировать и наживить их болтами, шайбами пружинными и гайками	0,32
4	Установить на рычаг стабилизатора технологическое приспособление	0,28
5	Взять стабилизатор в сборе	
6	Закрепить стабилизатор в сборе на рычаге стабилизатора	0,25

Продолжение таблицы 18

7	Закрепить гайку крепления стабилизатора	0,22
8	Взять и осмотреть стойку телескопическую с чашками и пружинами в сборе	0,35
9	Закрепить стойку телескопическую с помощью болтов	0,42
10	Установить правую ступицу колеса с рычагами в сборе на подрамник проделать аналогичные операции как и с левой ступицей	0,28 1,69
11	Снять заднюю подвеску в сборе с приспособления для сборки	0,2
12	Переместить на конвейер для установки на автомобиль	0,15
	Итого:	4,51
	Всего $\Sigma t_{оп}$	9,00

4.2.2 Определение трудоемкости сборки задней подвески

«Общее оперативное время на все виды работ по сборке задней независимой подвески определяем как сумму отдельных оперативных времен:»[5]

$$t^{ОБЩ}_{оп} = \Sigma t_{оп} = 4.49 + 4.51 = 9.00 \text{ мин} \quad (99)$$

«Суммарная трудоемкость сборки задней независимой подвески:»[5]

$$t^{ОБЩ}_{шт} = t^{ОБЩ}_{оп} + t^{ОБЩ}_{оп} \cdot (\alpha + \beta) / 100 = 9.00 + 9.00 \cdot (2 + 4) / 100 = 9.54 \text{ мин}, \quad (100)$$

«где α – часть оперативного времени на организационно-техническое обслуживание рабочего места в процентах. Принимаем $\alpha = 2\%$;

β – часть оперативного времени на перерывы для отдыха в процентах. Принимаем $\beta = 4\%$.»[5]

4.3 Определение типа производства

«Тип производства при сборке определяем по таблице в зависимости от годового выпуска автомобилей и ориентировочной определенной суммарной трудоемкости сборки подвески. Принимаем крупносерийное производство.

Определяем такт выпуска автомобилей:»[5]

$$T_B = \frac{F_d \cdot 60m}{N} = \frac{4015 \cdot 60}{45000} = 5,35_{мин} , \quad (101)$$

«где F_d – действительный годовой фонд рабочего времени сборочного оборудования в одну смену;

m – количество рабочих смен в сутки;

N – годовой объем выпуска автомобилей.»[5]

4.4 Выбор организационной формы сборки

«Учитывая конструкцию подвески, ее размеры и массу, объем выпуска, сроки (длительность) выпуска и тип производства принимаем как организационную форму сборки подвижную поточную сборку с расчленением процесса на операции и передачей собираемого объекта от одной позиции к другой посредством механических транспортирующих устройств.»[5] Маршрутная технология представлена в таблице 19.

4.5 Составление маршрутной технологии

Таблица 19 – Технологическая карта

№ операции	Операция.	Содержание переходов	Приспособле ние,	Врем я
1	2	3	4	5
1. Сборка ступицы левого заднего колеса				
005	Сборка ступицы левого заднего колеса	<p>Установить ступицу в приспособление</p> <p>Установить на рычаг задней подвески технологическое приспособление</p> <p>Вставить верхний конец приспособления в отверстие в ступице заднего колеса</p> <p>Зафиксировать рычаг</p> <p>Закрепить гайку крепления рычага задней подвески к ступице, придерживая головки болтов от проворота</p> <p>Установить на рычаг стабилизатора технологическое приспособление</p> <p>Зафиксировать рычаг</p> <p>Закрепить гайку крепления рычага стабилизатора задней подвески к рычагу задней подвески , придерживая головки болтов от проворота</p>	<p>Приспособле ние для сборки ступицы</p> <p>Пневмогайко верт</p> <p>Ключи</p> <p>Устройство для настройки гайковерта</p>	4,8

2. Монтаж задней подвески на подрамнике				
010	Монтаж задней подвески на подрамнике	<p>Вставить задние концы рычага задней подвески в кронштейны на подрамнике, отцентрировать и наживить их болтами, шайбами пружинными и гайками</p> <p>Установить на рычаг стабилизатора технологическое приспособление</p> <p>Закрепить стабилизатор в сборе на рычаге стабилизатора</p> <p>Закрепить гайку крепления стабилизатора</p> <p>Закрепить стойку телескопическую в сборе с чашками и с пружинами с помощью болтов</p> <p>Снять заднюю подвеску в сборе с приспособления для сборки</p> <p>Переместить на конвейер для установки на автомобиль</p>	<p>Грузонесущий подвесной конвейер.</p> <p>Приспособление для сборки задней подвески на подрамнике</p> <p>Стол рабочий</p> <p>Пневмогайковерт</p> <p>Ключи</p> <p>Устройство для настройки гайковерта</p>	4,83

5 Экономическая эффективность проекта

Параметрами продуктивности инвестпроекта есть чистый дивиденд, чистый дисконтированный дивиденд, внутренняя норма рентабельности, показателя рентабельности капитализаций и трудозатрат и срок рентабельности инвестпроекта. Чистый доход представляет собой сальдо денежных потоков по проекту и рассчитывается как сумма денежных притоков по проекту за весь период реализации проекта. Чистый дисконтированный доход это тоже самое только с учетом коэффициента дисконтирования, второй формулы для расчёта чистого дисконтированного дохода является формула с участием прибыли чистой прибыли по проекту - это сумма чистой прибыли амортизации за минусом капитальных вложений по проекту. Следующим показателем выступает внутренняя норма доходности, внутренняя норма доходности по проекту она оценивается таким образом, чтобы инвестор мог оценить эффективность проекта на начальном этапе, внутренняя норма доходности это такое число E_v или E внутренняя норма доходности, которая сравнивается со ставкой дисконта по проекту и рассчитывается при чистом дисконтированном дивиденде равном нулю.

Внутреннюю норму доходности в том случае, если она выше, чем ставка дисконтирования, то она свидетельствует о том, что чистый дисконтированный доход будет положительной и соответственно проект будет эффективным, в том случае, если внутренняя норма прибыльности ниже, чем доходность дисконта, то инвестпроект считается нецелесообразным, оттого что чистый дисконтированный дивиденд по инвестпроекту будет негативным. Следующий показатель это индексы доходности по проекту, индексы доходности бывают или рассчитываются двух видов - это индекс доходности затрат и индекс доходности инвестиций. Индекс доходности и затрат рассчитываются как отношение чистых притоков по проекту к чистым оттокам по проекту. Индекс доходности инвестиций чаще всего его рассчитывают и он оценивается как Чдд делёное на

дисконтированные капитальные вложения по проекту и плюс единица. Следующие показатели - это срок окупаемости проекта, то есть это тот период времени который прошёл от начала проекта до момента окупаемости, то есть того периода, когда накопленные чистые дисконтированные денежные притоки, дисконтированные или не дисконтированные зависит от вида срока окупаемости, превышают вложенные в проект средства. Различают дисконтированный и не дисконтированный или простой срок окупаемости проекта, соответственно при расчёте дисконтированного срока окупаемости рассчитываются накопленные дисконтированные денежные притоки, а при расчёте простого срока окупаемости рассчитываются или берутся во внимание не дисконтированные денежные потоки по проекту.

Срок окупаемости по проекту это не основной показатель эффективности - это тот показатель, который присутствует или учитывается в качестве ограничения по проекту, соответственно он должен существовать в любом случае, если оценивается этот проект и в принципе в будущем может быть принятым и срок окупаемости по проекту для дисконтированных денежных потоков он должен быть, укладываться в пределы жизненного цикла проекта конечно же. основополагающие параметры для того, чтобы подсчитать продуктивность инвестпроекта, всё же характеризуются двумя критериями: чистым дисконтированным дивидендом и показателем рентабельности вложения в инвестпроект, т.е. вот эти два критерия разрешают нам сделать выводы о результативности или несостоятельности инвестпроекта. Если чистая дисконтированная прибыль на проекте не отрицательная, т.е. больше либо равна нулю, и если индекс прибыли больше единиц, то мы считаем, что проект эффективен, поэтому рекомендуем его к реализации. Исходные данные для расчета представлены в таблице 20.

5.1 Расчет себестоимости проектной конструкции подвески.

Таблица 20 – Исходные данные для расчет себестоимости изделия

Наименование	Обозначение	Ед. изм.	Значение
Выпуск изделий в год	Уг.	Шт.	45000
Страховой взнос в структуры ФОМС, ПФР, ФСС	Есц.	%	30
Расходы общие заводские	Ео.зав.	%	215
Коммерческие расходы	Ек.	%	5
Содержательные и эксплуатационные расходы на оборудование	Еоб.	%	194
Транспортные заготовительные расходы	Кт.зр.	%	1,45
Цеховые расходы	Ецх	%	183
Расходы на оснащение и инструменты	Еинс.	%	3
Рентабельность плана накопительного	Крнт.	%	30
Доплаты и выплаты не связанные с производством	Квп.	%	12
Премии и доплаты связанные с производством	Кпрм.	%	23
Возвратные отходы производства	Квт	%	1
Часовой тариф – 4 разряд	Ср4	руб.	72,24
Часовой тариф – 6 разряд	Ср6	руб.	93,81
Образующие капитал инвестиции	Ки	%	8,30

Расходы "Сырье и материалы" производится

$$M = C_{M_i} \cdot Q_{M_i} \cdot \left(1 + \frac{K_{m.зр}}{100} - \frac{K_{вт}}{100} \right) \quad (102)$$

«где Ц_м – оптовая цена материала i-го вида,руб.;

Q_м – норма расхода материала i-го вида,кг.,м.;

К_{т.зр} – коэффициент транспортно-заготовительных расходов,%;

К_{вт} – коэффициент возвратных отходов,%;

Таблица 21 - Расчет затрат на сырье и материалы

Наименование	Ед.изм	Цена за	Норма	Сумма
Металлопрокат	тонн	36355	0,002	72,71
Дробь ДСЛ-8	тонн	8941,18	0,0082	73,32
Эмаль П-ЭП-45	тонн	131000	0,0002	26,2
Итого материалов:				172,23
Электроэнергия	Квт.ч	2,582	1,78	4,60
Газ	м3	1,177	0,238	0,28
Итого:				177,10
К _{т.зр}		1,45		2,57
К _{вт}		1		1,77
Всего				181,44

$$M = 181.44$$

Расходы "Покупные изделия и полуфабрикаты"

$$P_u = C_i \cdot n_i \cdot \left(1 + \frac{K_{m.зр}}{100} \right) \quad (103)$$

где Ц_и - оптовая цена покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида,руб.; n_и - количество покупных изделий и полуфабрикатов i-го вида,шт.;»[8]

«Таблица 22 - Расчет затрат на покупные изделия

Наименование изделия	Цена,руб.	Кол-во,шт.	Сумма, руб.
Пружина бочкообразная	1118	2	2236,00
Нижняя изолирующая прокладка пружины подвески	11,86	2	23,72
Верхняя изолирующая прокладка пружины	27	2	54,00
Буфер хода сжатия	243	2	
Болт крепления верхней продольной штанги	15	4	60,00
Итого			2373,72
Ктз		1,45	34,42
Всего			2408,14

Пи = 2408.14

Расходы "Основная заработная плата

производственных рабочих" производится по формуле:

$$Z_o = Z_T \cdot \left(1 + \frac{K_{прм.}}{100} \right) \quad (104)$$

где Z_T - тарифная заработная плата,руб.,которая рассчитывается по формуле:

$$Z_T = C_{р.і} \cdot T_i \quad (105)$$

где $C_{р.і}$ - часовая тарифная ставка,руб.;

T_i - трудоёмкость выполнения операции,час.;

$K_{прем}$ - коэффициент премий и доплат,

связанных с работой на производстве,%.

Таблица 23 - Расчет затрат на выполнение операций

Виды операций	Разряд	Трудоёмк.	Тариф	Зар.Пл. осн.
Сборка стойки телескопической	4	0,11	72,24	7,95
Сборка продольной тяги	4	0,11	72,24	7,95
Контрольно-испытательная	6	0,08	93,81	7,50
Итого				23,40
Премиальные доплаты			23	5,38
Основная з/п				28,78

$Z_o = 28.78$ »[8]

«Расходы "Дополнительная заработная плата производственных рабочих" выполняется по формуле:»[8]

$$K_{ВП} = 0.12 \quad (106)$$

$$Здп = З_о \cdot K_{ВП}$$

$$Здп = 28.78 \cdot 0.12 = 3.45$$

«где $K_{ВП}$ – коэффициент доплат или выплат не связанных с работой на производстве,%».

Расходы "Страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{с.н} = 0.30 \quad (107)$$

$$C_{с.н} = (З_о + Здп) \cdot E_{сц.н}$$

$$C_{с.н} = (28.78 + 3.45) \cdot 0.30 = 9.67$$

«где $E_{сц.н}$ - коэффициент отчислений в страховые взносы в ПФР, ФОМС, ФСС,%»;

Расходы "Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{об} = 1.94 \quad (108)$$

$$C_{с.об} = З_о \cdot E_{обор}$$

$$C_{с.об} = 28.78 \cdot 1.94 = 55.83$$

«где $E_{об}$ - коэффициент расходов на содержание и эксплуатацию оборудования,%»;

Расходы "Цеховые расходы" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{цх} = 1.83 \quad (109)$$

$$C_{цх} = З_о \cdot E_{цх}$$

$$C_{цх} = 28.78 \cdot 1.83 = 52.67$$

где $E_{цх}$ - коэффициент цеховых расходов,%»;

«Расходы "Расходы на инструмент и оснастку" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{\text{инс}} = 0.03$$

$$C_{\text{инс}} = Z_o \cdot E_{\text{инстр}} \quad (110)$$

$$C_{\text{инс}} = 28.78 \cdot 0.03 = 0.86$$

«где $E_{\text{инс}}$ - коэффициент расходов на инструмент и оснастку,%;

Расчет цеховой себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{\text{цх.с.с.}} = M + \text{Пи} + Z_o + C_{\text{сц.н}} + Z_{\text{дп}} + C_{\text{с.об}} + C_{\text{цх}} + C_{\text{инс}} \quad (111)$$

$$C_{\text{цх.с.с.}} = 181.44 + 2408.14 + 28.78 + 9.67 + 3.45 + 55.83 + 52.67 + 0.86 = 2740.85$$

«Расходы "Общезаводские расходы" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{\text{о.зав}} = 2.15$$

$$C_{\text{о.зав}} = Z_o \cdot E_{\text{о.зав}} \quad (112)$$

$$C_{\text{о.зав}} = 28.78 \cdot 2.15 = 61.88$$

«где $E_{\text{о.зав}}$ - коэффициент общезаводских расходов,%;

Расчет общезаводской себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{\text{о.зав.с.с.}} = C_{\text{о.зав}} + C_{\text{цх.с.с.}} \quad (113)$$

$$C_{\text{о.зав.с.с.}} = 61.88 + 2740.85 = 2802.72$$

«Расходы "Коммерческие расходы" выполняется по формуле:»[8]

$$E_{\text{к}} = 0.05$$

$$C_{\text{к}} = C_{\text{о.зав.с.с.}} \cdot E_{\text{к}} \quad (114)$$

$$C_{\text{к}} = 2802.72 \cdot 0.05 = 140.14$$

«где E_k - коэффициент коммерческих расходов,%;

Расчет полной себестоимости выполняется по формуле:»[8]

$$C_{п.пр.} = C_{о.зав.с.с.} + C_k \quad (115)$$

$$C_{п.пр.} = 2802.72 + 140.14 = 2942.86$$

«Расчет отпускной цены для проектируемого

узла выполняется по формуле:

$$K_{рнт} = 0.3 \quad C_{п.б.} = 2420.38 \quad (116)$$

$$C_{от.пр.} = C_{п.б.} \cdot (1 + K_{рнт}) \quad C_{о.пр.} = 3146.49$$

где $K_{рнт}$ - коэффициент рентабельности и плановых накоплений равный 30%;

Таблица 24 - Сравнительная калькуляция себестоимости базовой и проектируемой конструкции.

Наименование показателей	Обознач.	Затр.на	Затр.на
Основные материалы	М	171,40	181,44
Комплекующие изделия	Пи	1950,20	2408,14
Заработная плата	Зо	24,78	28,78
Дополнительная зар.плата	Зд	2,97	3,45
Страховой взнос в ПФР,	Сс.н.	8,33	9,67
Содержательные и экспл.	Сс.обор	48,07	55,83
Цеховые расходы	Сцх	45,35	52,67
Расходы на оснащение и инстр.	Синс	0,74	0,86
Себестоимость по цеху	Сц.с.с.	2251,84	2740,85
Общие заводские расходы	Со.зав	53,28	61,88
Себестоимость по заводу	Со.зав.с.с.	2305,12	2802,72
Коммерч. расходы	Ск	115,26	140,14
Себестоимость	Спол	2420,38	2942,86
Цена	Цот	3146,49	3825,72

5.2 Расчет точки безубыточности

Определение переменных затрат на единицу изделия:

$$Зперуд = М + Пи + Зо + Здп + C_{сц.н} \quad (117)$$

$$Зперуд = 181.44 + 2408.14 + 28.78 + 3.45 + 9.67 = 2631.48$$

на годовую программу выпуска изделия:»[8]

$$Зпер = Зперуд \cdot V_{\Gamma} \quad V_{\Gamma} = 45000 \quad (118)$$

$$Зпер = 2631.48 \cdot 45000 = 118416765.6$$

«Определение постоянных затрат на единицу

изделия: Амортизационные отчисления, руб. :»[8]

$$НА = 13$$

$$Ам.у = \frac{(Сс.об + Синс) \cdot НА}{100} \quad (119)$$

$$Ам.уд. = ((55.83 + 0.86) \cdot 13) / 100 = 7.37$$

«здесь НА - доля амортизационных отчислений, %;»[8]

$$Зпосуд = \frac{(Сс.об + Синс) \cdot (100 - НА)}{100} + C_{ЦХ} + C_{О.зав} + C_K + Ам.у \quad (120)$$

$$Зпосуд = ((55.83 + 0.86) \cdot (100 - 13)) / 100 + 52.67 + 61.88 + 140.14 + 7.37 = 311.38$$

$$Зпос = Зпосуд \cdot V_{Г}$$

$$Зпос = 311.38 \cdot 45000 = 14011975.53 \quad (121)$$

«Расчет полной себестоимости годовой программы выпуска изделия:»[8]

$$C_{пол.г.} = C_{пол.пр.} \cdot V_{Г}$$

$$C_{пол.г.} = 2942.86 \cdot 45000 = 132428741.13 \quad (122)$$

«Расчет выручки от реализации изделия:»[8]

$$Выр = Цот.пр. \cdot V_{Г}$$

$$Выр = 3146.49 \cdot 45000 = 141592230 \quad (123)$$

«Расчет маржинального дохода:»[8]

$$Дмрж = Выр - Зпер \quad (124)$$

$$\text{Дмрж} = 141592230 - 118416765.6 = 23175464.4$$

«Расчет критического объема продаж:»[8]

$$A_{\text{крт}} = \frac{Z_{\text{пос}}}{\text{Цот. пр.} - Z_{\text{перуд}}} \quad (125)$$

$$A_{\text{крт}} = 14011975.53 / (3146.49 - 2631.48) = 27207.17 \sim 27210$$

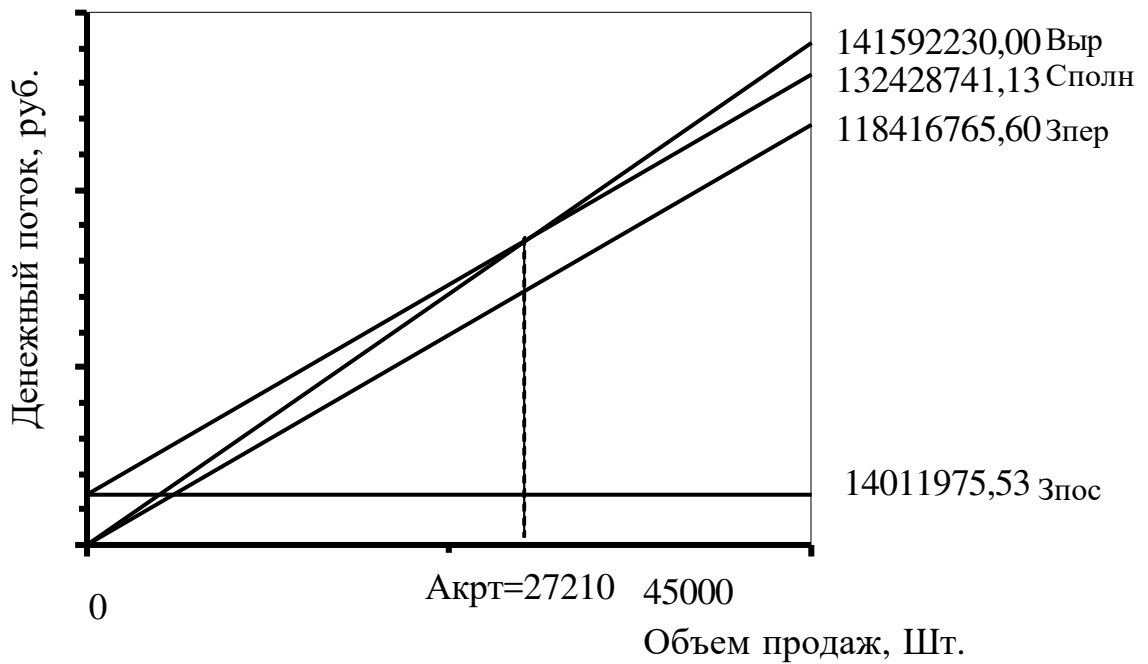


Рисунок 14 – График точки безубыточности

5.3 Расчет коммерческой эффективности

«Срок эксплуатации нового изделия определяем в 5 лет.»[8]

$$V_{\Gamma} = 45000$$

$$A_{\text{кр}\Gamma} = 27210$$

$$V_{\text{МК}} = V_{\Gamma}$$

$$n = 6$$

$$\Delta = \frac{V_{\text{МК}} - A_{\text{кр}\Gamma}}{n - 1} \quad (126)$$
$$\Delta = 3558$$

«Объем продаж по годам:»[8]

$$Ц_{\text{от}} = Ц_{\text{от.пр.}}$$

$$Ц_{\text{от}} = 3146.49$$

$$V_{\text{пр}1} = A_{\text{кр}\Gamma} + \Delta$$

$$V_{\text{пр}1} = 27210 + 3558 = 30768 \quad (127)$$

Выр по годам:

(128)

$$\text{Выр}_1 = \text{Цот} \cdot \text{Vпр}_1$$

$$\text{Выр}_1 = 3146.49 \cdot 30768 = 96811327.39$$

«Переменные затраты по годам

для базового варианта:»[8]

$$\text{M} = 171.40 \quad \text{Пи} = 1950.20 \quad \text{Зо} = 24.78$$

$$\text{Здп} = 2.97 \quad \text{C}_{\text{сц}} = 8.33$$

(129)

$$\begin{aligned} \text{Зперудб} &= \text{M} + \text{Пи} + \text{Зо} + \text{Здп} + \text{C}_{\text{сц}} \\ \text{Зперудб} &= 2157.68 \end{aligned}$$

$$\text{Зперб1} = \text{Зперудб} \cdot \text{Vпр}_1$$

(130)

$$\text{Зперб1} = 2157.68 \cdot 30768 = 66387498.24$$

«для проектного варианта:» [8]

$$Зперудпр = Зперуд$$

$$Зперудпр = 2631.48$$

$$Зперпр1 = Зперудпр \cdot V_{пр1}$$

(131)

$$Зперпр1 = 2631.48 \cdot 30768 = 80965489.87$$

«Постоянные затраты для базового варианта.» [8]

$$C_{с.об.} = 48.07 \quad C_{цх.} = 45.35 \quad C_{инс.} = 0.74$$

$$C_{об.зав.} = 53.28 \quad C_{к.} = 115.26$$

$$Зпосудб = C_{с.обор.} + C_{инс.} + C_{цх.} + C_{об.зав.} + C_{к.} \quad (132)$$

$$Зпосудб = 262.7$$

$$Зпосб = Зпосудб \cdot V_{Г}$$

$$Зпосб = 262.7 \cdot 45000 = 11821500 \quad (133)$$

$$Зпоспр = Зпос$$

$$Зпоспр = 14011975.53$$

«Амортизация»[8]

$$A_{м.у} = 7.37$$

$$A_{м.} = A_{м.у} \cdot V_{г} \quad (134)$$

$$A_{м.} = 7.37 \cdot 45000 = 331675.11$$

«Полная себестоимость по годам.

для проектного варианта:»[8]

$$З_{полпр1} = З_{поспр} + З_{перпр1}$$

(135)

$$З_{полпр1} = 14011975.53 + 80965489.87 = 94977465.4$$

«для базового варианта:»[8]

$$З_{полб1} = З_{посб} + З_{перб1}$$

$$З_{полб1} = 11821500 + 66387498.24 = 78208998.24$$

«Налогооблагаемая прибыль по годам

для проектного варианта:»[8]

$$\text{Проб}_{.пр.1} = \text{Выр}_1 - \text{Зполпр}_1 \quad (136)$$

$$\text{Проб}_{.пр.1} = 96811327.39 - 94977465.4 = 1833862$$

«для базового варианта:»[8]

$$\text{Проб}_{.б.1} = \text{Выр}_1 - \text{Зполб}_1 \quad (137)$$

$$\text{Проб}_{.б.1} = 96811327.39 - 78208998.24 = 18602329.15$$

«Налог на прибыль - 20% от налогооблагаемой прибыли по годам.

для проектного варианта:»[8]

$$\text{Нп1} = \text{Проб}_{.пр.1} \cdot 0.20 \quad (138)$$

$$\text{Нп1} = 1833862 \cdot 0.20 = 366772.4$$

«для базового варианта:»[8]

$$\text{Н1} = \text{Проб}_{.б.1} \cdot 0.20 \quad (139)$$

$$\text{Н1} = 18602329.15 \cdot 0.20 = 3720465.83$$

«Прибыль чистая по годам.
для проектного варианта:»[8]

$$\text{Прч}_{\text{пр.1}} = \text{Проб}_{\text{.пр.1}} - \text{Нп1} \quad (140)$$

«для базового варианта:»[8]

$$\text{Прч}_{\text{б.1}} = \text{Проб}_{\text{.б.1}} - \text{Н1}$$

$$\text{Прч}_{\text{б.1}} = 18602329.15 - 3720465.83 = 14881863.32 \quad (141)$$

«Расчет общественного эффекта.

Экономии от повышения долговечности проектируемого узла.»[8]

$$\text{Цот}_{\text{.б}} = 3146.49 \quad \text{Д1} = 220000 \quad \text{Д2} = 300000$$

$$\text{Про.д.} = \text{Цот}_{\text{.б}} \cdot \frac{\text{Д2}}{\text{Д1}} - \text{Цот}_{\text{.пр.}} \quad (142)$$

$$\text{Про.д.} = 3146.49 \cdot \frac{300000}{220000} - 3146.49 = 1144.18$$

«где Д1 - долговечность базовой
конструкции,(циклы) Д2 - долговечность
новой конструкции,(циклы)

Следовательно текущий чистый доход (накопление
сальдо) по годам составит:»[8]

$$\text{Ч1} = \text{Прч}_{\text{пр.1}} - \text{Прч}_{\text{б.1}} + \text{А}_{\text{м.}} + (\text{Про.д.} \cdot \text{V}_{\text{пр1}})$$

$$\text{Ч1} = 1467089.6 - 14881863.32 + 331675.11 + (1144.18 \cdot 30768) = 22121020.44 \quad (143)$$

«Дисконтирование денежного потока.»[8]

$$E_{CT} = 10$$

$$\alpha_{ti} = \frac{1}{(1 + E_{CTi})^t} \quad (144)$$

«где E_{CTi} - процентная ставка на капитал;

t - год приведения затрат и результатов;»[8]

$$\alpha_1 = 0.909 \quad \alpha_2 = 0.826 \quad \alpha_3 = 0.753 \quad \alpha_4 = 0.683 \quad \alpha_5 = 0.621$$

$$ДСП1 = Ч1 \cdot \alpha_1$$

$$ДСП1 = 22121020.44 \cdot 0.909 = 20108007.58$$

(145)

«Суммарный ДСП за расчетный период рассчитывается по формуле:»[8]

$$\Sigma ДСП = ДСП1 + ДСП2 + ДСП3 + ДСП4 + ДСП5$$

$$\Sigma ДСП = 102571885.85$$

(146)

«Суммарный ДСП за расчетный период рассчитывается по формуле:»[8]

$$\Sigma C_{\text{пол.пр.}} = З_{\text{полпр1}} + З_{\text{полпр2}} + З_{\text{полпр3}} + З_{\text{полпр4}} + З_{\text{полпр5}}$$

$$K_{\text{и.}} = 0.083$$

$$I = K_{и.} \cdot \Sigma C_{пол.пр.} \quad I = 47186787.85 \quad (147)$$

«Чистый дисконтированный доход.»[8]

$$ЧД = \Sigma ДСП - I \quad (148)$$

$$ЧД = 55385097.99$$

«Индекс доходности.»[8]

$$ID = \frac{ЧД}{I} \quad (149)$$

$$ID = 1.17$$

«Срок окупаемости проекта.»[8]

$$T_{ок} = \frac{I}{ЧД} \quad T_{ок} = 0.85 \quad (150)$$

График прибыли представлена на рисунке 15.

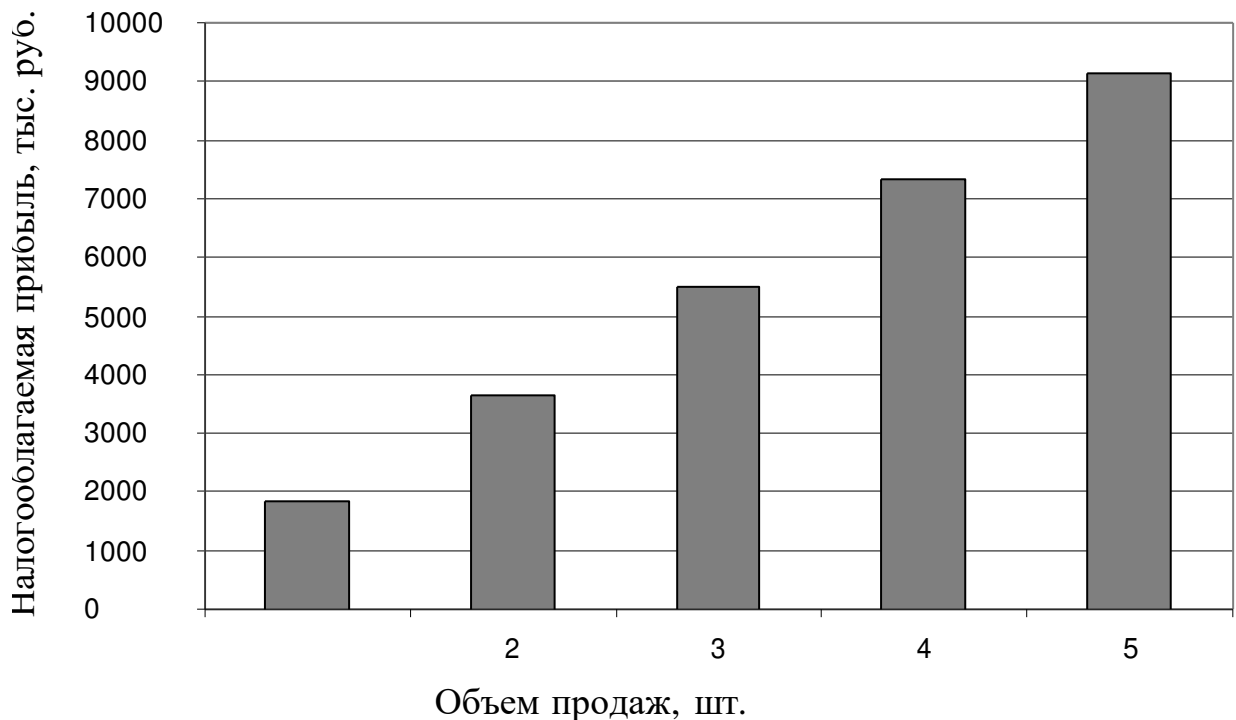


Рисунок 15 – График зависимости налогооблагаемой прибыли от объема продаж.

5.4 Выводы и рекомендации

«В представленном экономическом разделе дипломного проекта рассчитанные показатели разработанной новой задней подвески показали, что себестоимость ее выше чем базовая конструкция подвески, но благодаря улучшенной характеристике новой задней подвески, повышается долговечность конструкции задней подвески и как следствие автомобиля в целом. Поэтому был произведен расчет общественного эффекта – экономии от повышения долговечности, из чего можно сделать вывод о целесообразности проектной конструкции задней подвески, поскольку данный проект имеет положительный экономический эффект.»[8]

«В результате проведения совокупности конструкторско - технологических мероприятий увеличился ресурс задней подвески приблизительно»[8] в 1,35 раза «при одновременном положительном экономическом эффекте»[8] ID=1,17.

«Точкой безубыточности продаж является объем»[8] равный 27210 шт., т.е. «при этом объеме продаж предприятие покрывает свои издержки, а при планируемом объеме выпуска»[8] в 45000 шт. «предприятие имеет чистого дисконтированного дохода (с учетом капиталообразующих инвестиций)»[8] 55385097,99 руб.

«Срок окупаемости данного проекта меньше года, что говорит о минимальном риске проекта. По полученным данным можно говорить о его применении в новых конструкциях автомобилей.»[8]

Заключение

В механизме интеграции проекта было достигнуто базовое назначение: повышение манёвренности и защищённости автомобиля благодаря увеличению угловой жесткости конструируемых агрегатов подвески, невысокого месторасположения эпицентра его уклона, внедрения эластичных материалов с передовыми особенностями, использования стабилизатора поперечного воздействия. Увеличение долговечности автомобиля в условиях экстремальной эксплуатации свидетельствует о безотказности работы конструкции при соревнованиях. Это можно достичь при помощи титановых сплавов, из которых изготавливается стабилизатор торсиона. Также повышение надежности можно выразить и ремонтом проектируемых механизмов подвески. Снижение загрузки водителя связано с его способностью изменять поворот автомобиля при движении. С целью повышения плавности хода автомобиля и реализации возможности регулирования упругих характеристик подвески, задачей дипломного проекта стало усовершенствование конструкции задней подвески рассматриваемого автомобиля в данном проекте. Результат сделанной работы стало обновление конструкции подвески автомобиля Lada Granta.

Результаты расчетов подтвердили выбранную конструкцию предельными нагрузками. Представляемая работа соответствует современным состояниям и возможностям развития техники и науки в области автомобильного машиностроения.

В общем, по всем рассмотренным сторонам модернизированной подвески можно делать вывод, что она полностью соответствует требованиям, которые предъявляются к проекту.

Список используемых источников

1. Автомобили / А. В. Богатырев, Ю. К. Есеновский-Лашков, М. Л. Насоновский, В. А. Чернышев. Под ред. А. В. Богатырева. - М.: Колос, 2004. - 496 с.
2. Автомобили: Техническое обслуживание ремонт расчеты / В.Н.Барун, Р. А. Азаматов, В. А. Трынов и др. - М.: Транспорт, 1984. 251 с.
3. Автомобиль: Основы конструкции: Учеб, для ВУЗов специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство»/ Н. Вишняков, В. К. Вахламов, А. Н. Нарбут и др. - 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986, -304 с.
4. Анохин В. И. Отечественные автомобили. М.: Машиностроение, 1977. 592с.
5. Анурьев, В.И. Справочник технолога машиностроителя / В.И. Анурьев;. – М. : Машиностроение, 1980. – 688 с.
6. Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти, № 39,2003; Информационный фонд НТЦ "Система".
7. Горина, Л.Н. Обеспечение безопасности труда на производстве / Л.Н. Горина;. - Тольятти 2002. – 34 с.
8. Капрова, В.Г. Методические указания по технико-экономическому обоснованию дипломного проекта конструкторского и исследовательского направлений для студентов специальности 150100 – “Авто-мобиле- и тракторостроение”. / В.Г.Капрова;. Тольятти: ТГУ. 2003. – 50 с.
9. Кисуленко, Б.В. Краткий автомобильный справочник. Легковые автомобили. / Б.В. Кисуленко, – М. : Автополис-плюс, 2005. - 482 с.
10. Кузнецов, Б.А Краткий автомобильный справочник / Б.А. Кузнецов. - М. : Транспорт, 1984. – 250 с.
11. Куклин, Н.Г. Детали машин / Н.Г. Куклин;. – М. : Высшая школа, 1973. - 384с.

12. Лукин, П.П. Конструирование и расчёт автомобиля / П.П. Лукин; – М. : Машиностроение, 1984. -376 с.
13. Лысов, М.И. Машиностроение / М.И. Лысов; - М.: Машиностроение,1972.–233 с.
14. Малкин, В.С. Конструкция и расчет автомобиля / В.С. Малкин; - КуАИ, 1978. – 195 с.
15. Осепчугов, В.В.; Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета / В.В. Осепчугов; А.К. Фрумкин; - М. : Машиностроение, 1989.-304с.
16. Пехальский А. И. Устройство автомобилей: учебник для студ. Учреждений сред. проф. образования / А. И. Пехальский, И. А. Пехальский. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр «Академия», 2006. - 528 с.
17. Писаренко, Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко; - Киев: Наукова думка, 1988.-736с.
18. Раскин, А.М., Основы расчета и указания к дипломному проектированию агрегатов шасси автомобиля / А.М. Раскин; А.Ф. Яшин; - Саратов: Ротапринт, 1975.-68с.
19. Родичев В. А. Устройство и ТО грузовых автомобилей: Учебник водителя автотранспортных средств категории «С» / В. А. Родичев. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. - 256 с.
20. Унгер Э. В., Машатин В. Н., Этманов С. А. Устройство и техническое обслуживание автомобилей КамАЗ. - М.: Транспорт, 1976. – 392 с.
21. Устройство автомобиля: Учебник для учащихся автотранспортных техникумов / Е. В. Михайловский, К. Б. Серебряков, Е. Я. Тур.—6-е изд., стереотип.— М.: Машиностроение, 1987.—352 с.
22. Черепанов, Л.А. Расчет тяговой динамики и топливной экономичности автомобиля: учеб. Пособие / Л. А. Черепанов; ТолПИ. - Тольятти: ТолПИ, 2001.-40 с: ил. - Библиогр. : с. 39.
23. Шестопалов С. К. Устройство, ТО и ремонт легковых автомобилей: учебник для НПО / С. К. Шестопалов. - 7-е изд., стер. - М.:

Издательский центр «Академия», 2008. - 544 с.

24. Calculation the torque moment of the clutch elastic and safety roller. Part 2012. Volume XI (XXI). P. 36 - 38.

25. Concepcion, M. Includes operating parameters, advantages and electronic components for all CVTs - 2nd edition / M. Concepcion. - Create Space Independent Publishing Platform, 2013. - 76 p.

26. Dainius, L., Research on Probability for Failures in VW Cars During Warranty and Post-Warranty Periods / Mokslas: Lietuvos Ateitis, 2014. - 2 p.

27. Konig, R. Sehmieretechnik / R. Konig. - Springer, 1972. - p.164.

28. Maten, J. Continuously Variable Transmission (CVT) / J. Maten, B Anderson. - SAE Internatioal, 2006. - 400 p.

29. Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

30. Niemann, G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p.

Графики тягово расчета

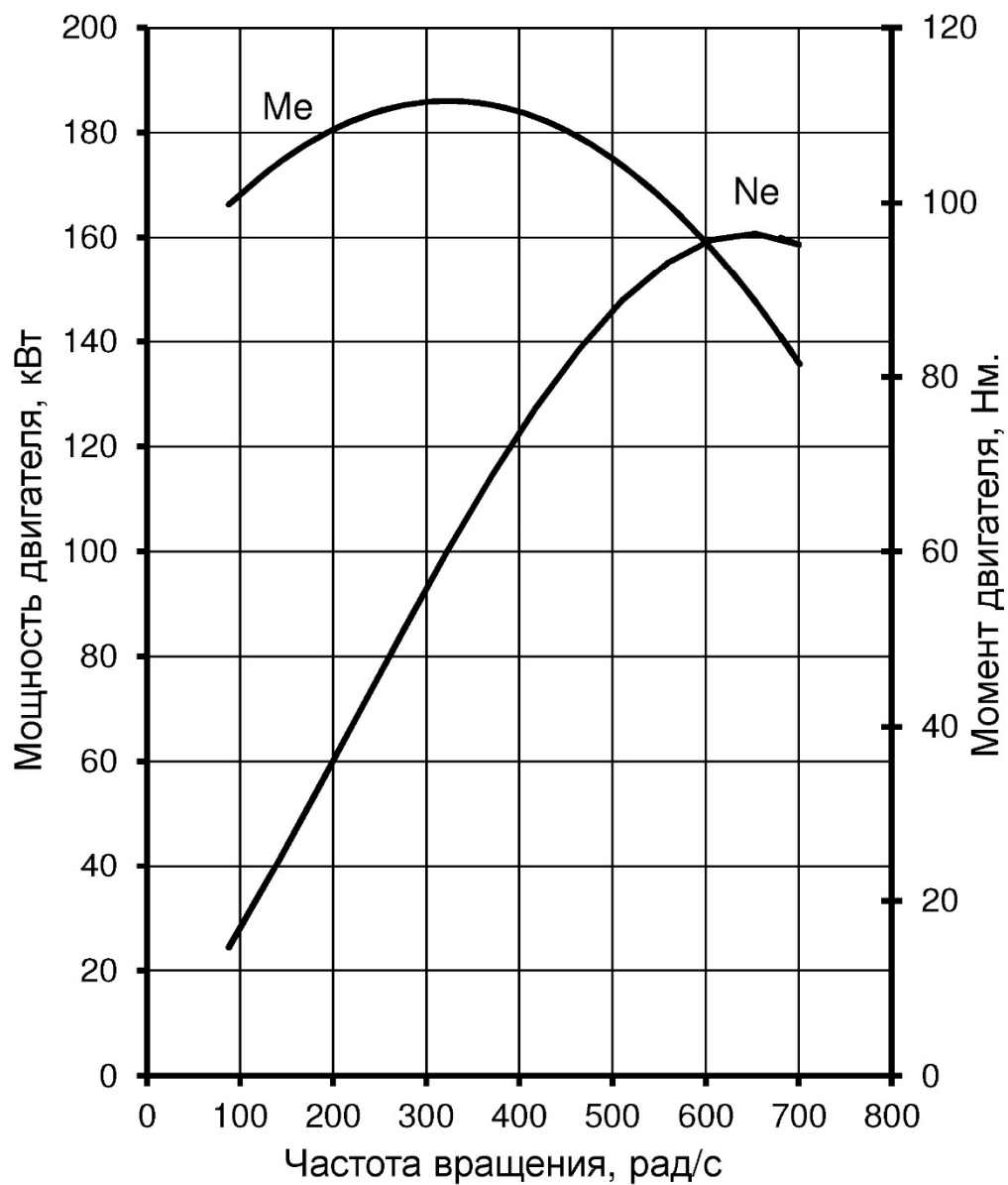


Рисунок А.1 – Внешняя скоростная характеристика

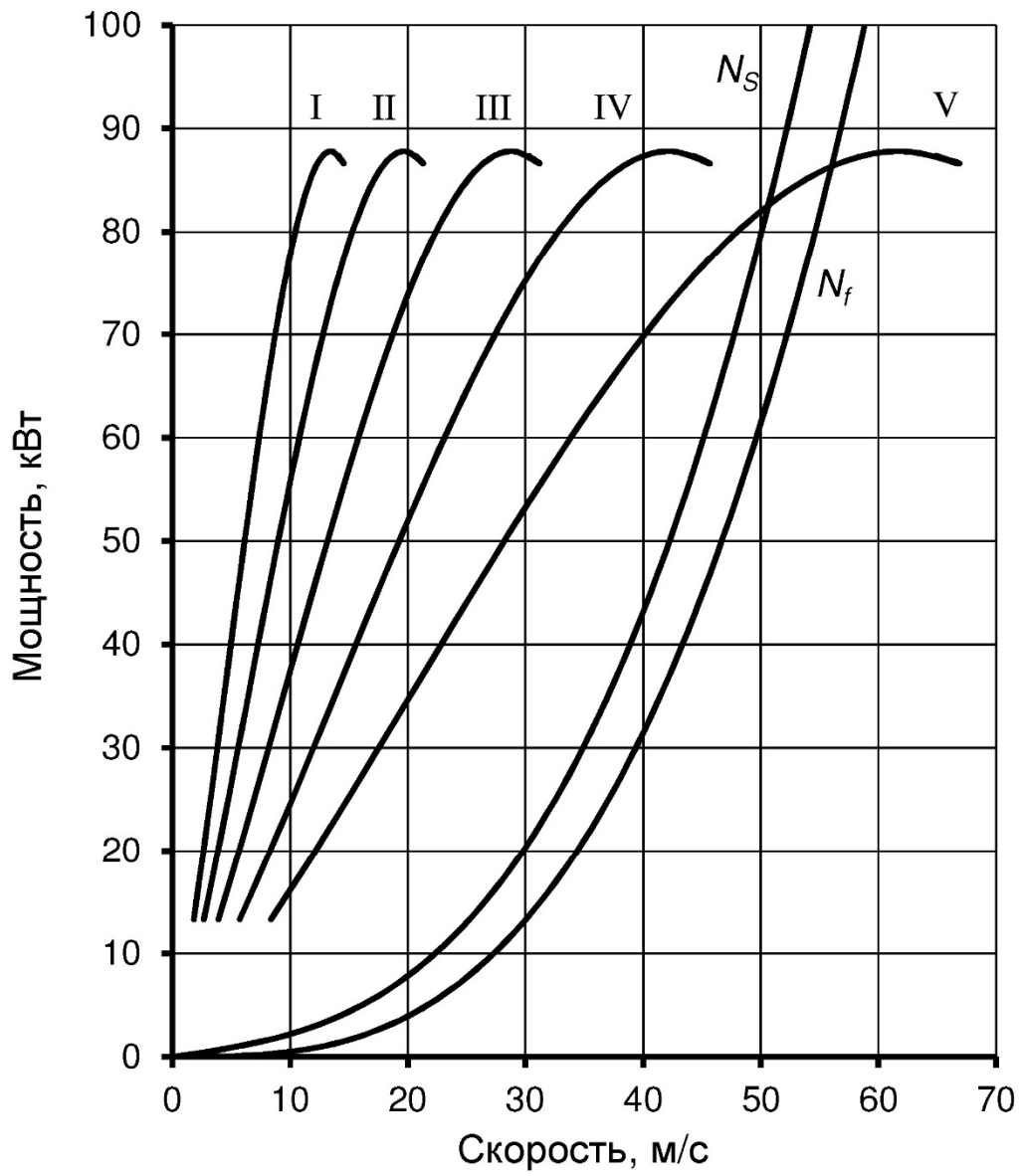


Рисунок А.2 – Баланс мощностей

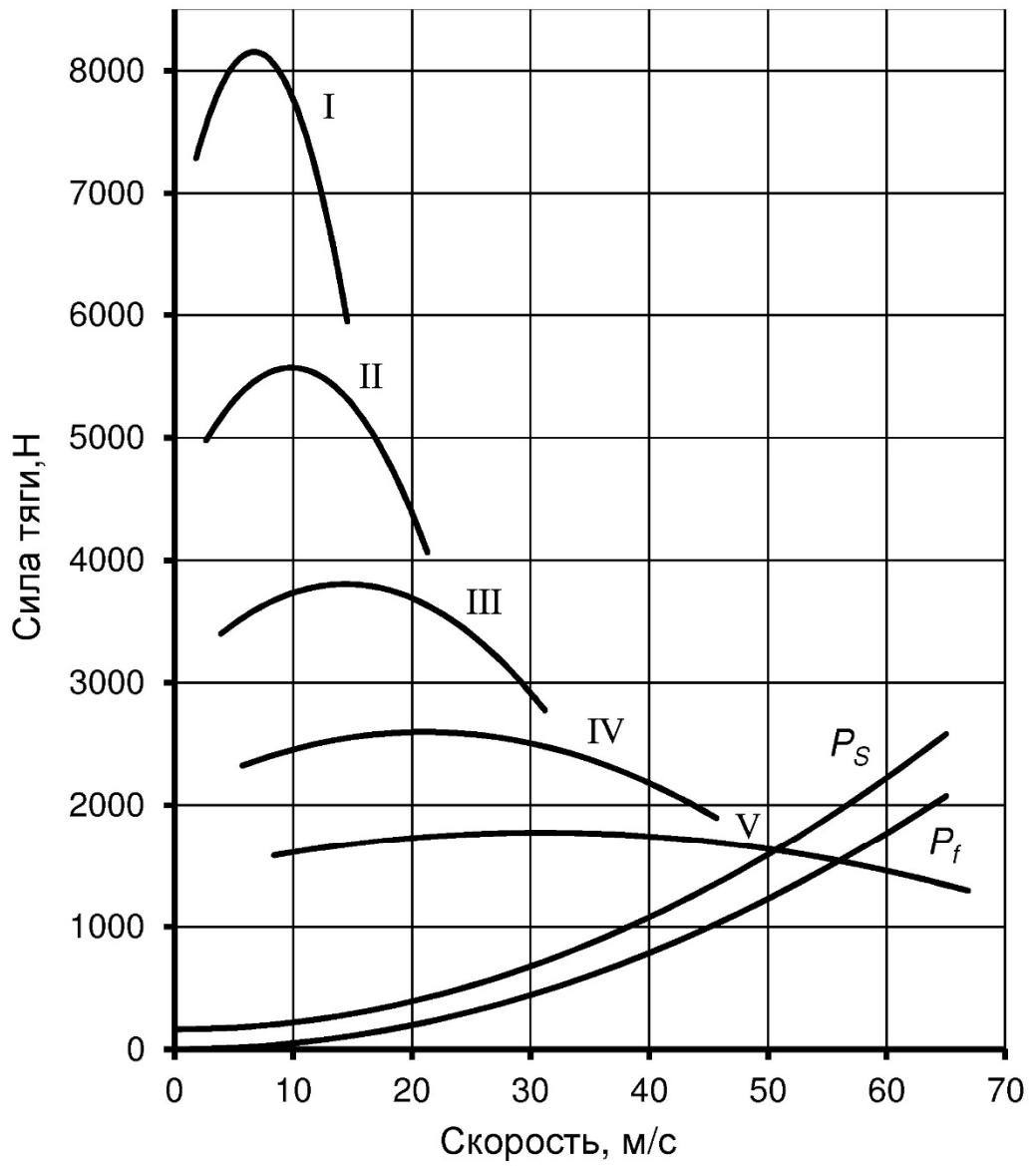


Рисунок А.3 – Тяговый баланс

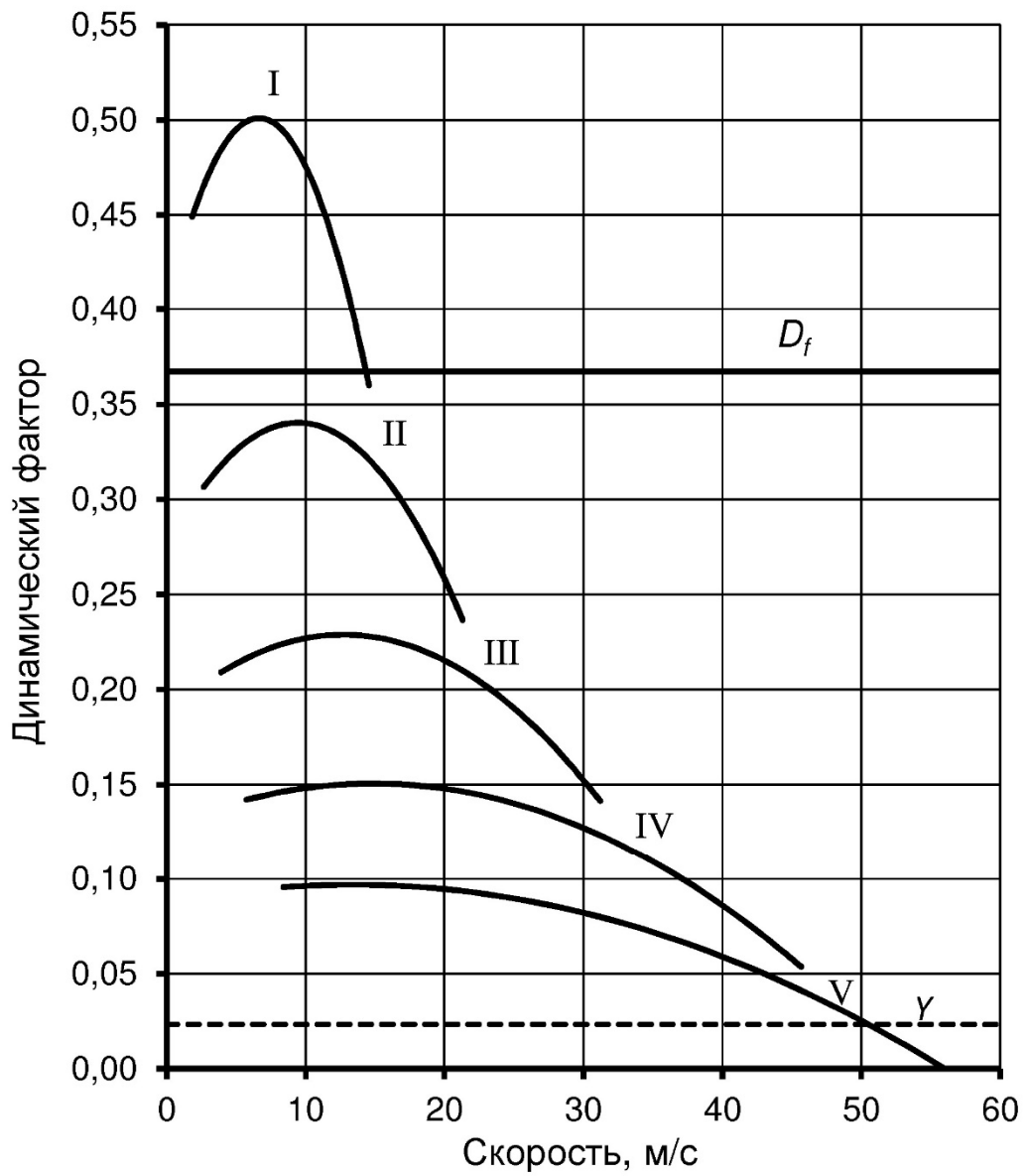


Рисунок А.4 – Динамический баланс

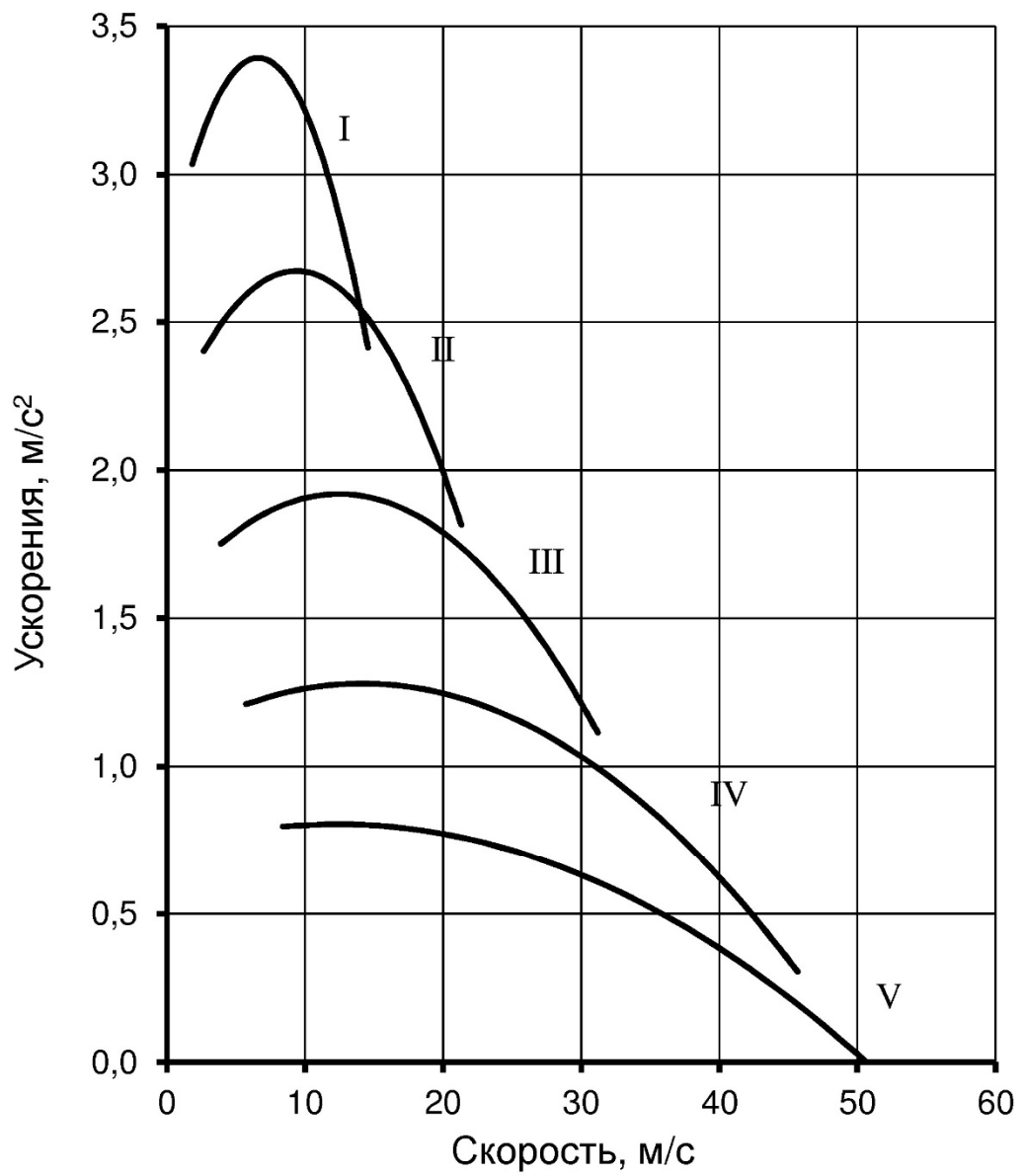


Рисунок А.5 – Ускорения на передачах

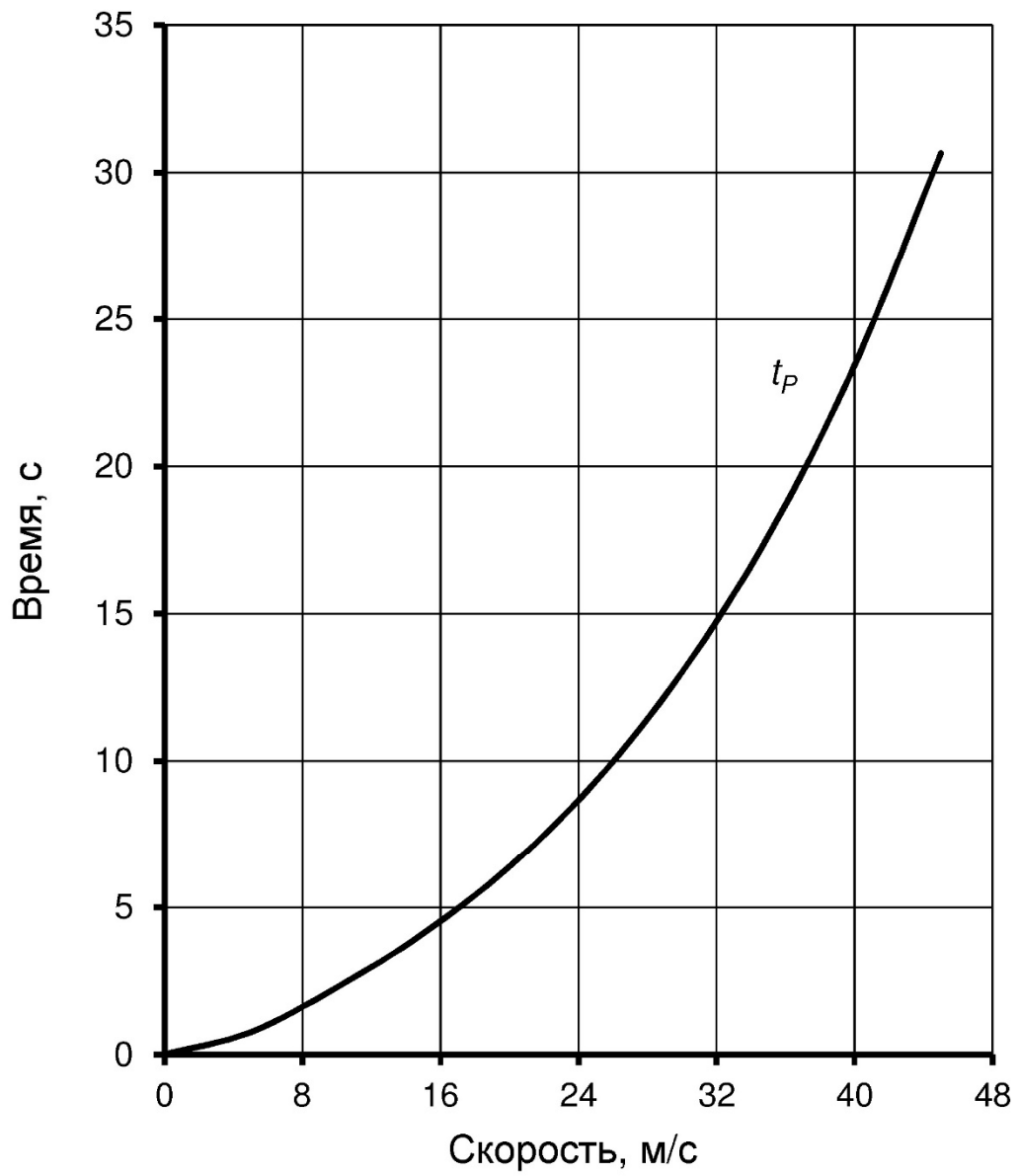


Рисунок А.6 – Время разгона

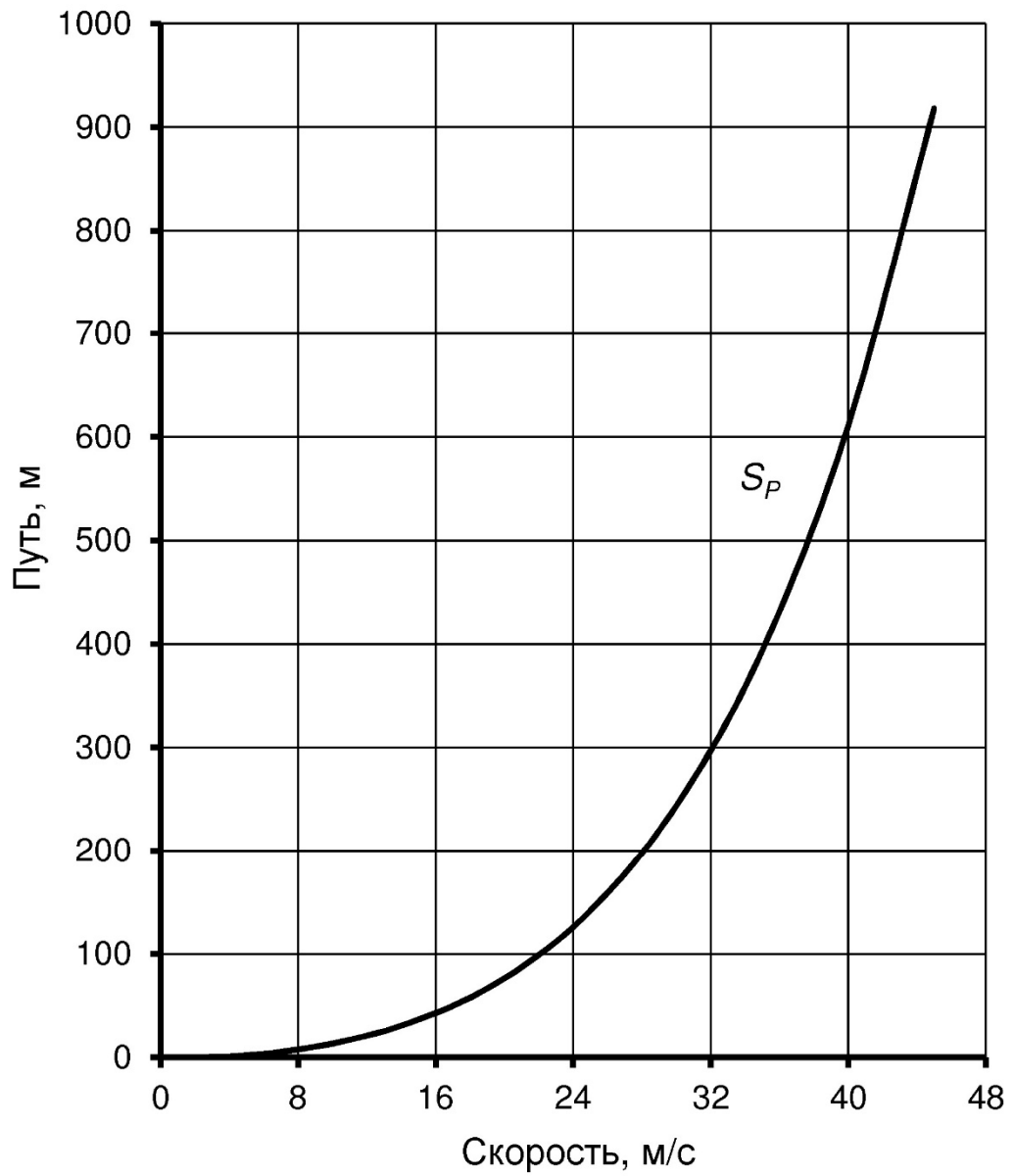


Рисунок А.7 – Путь разгона

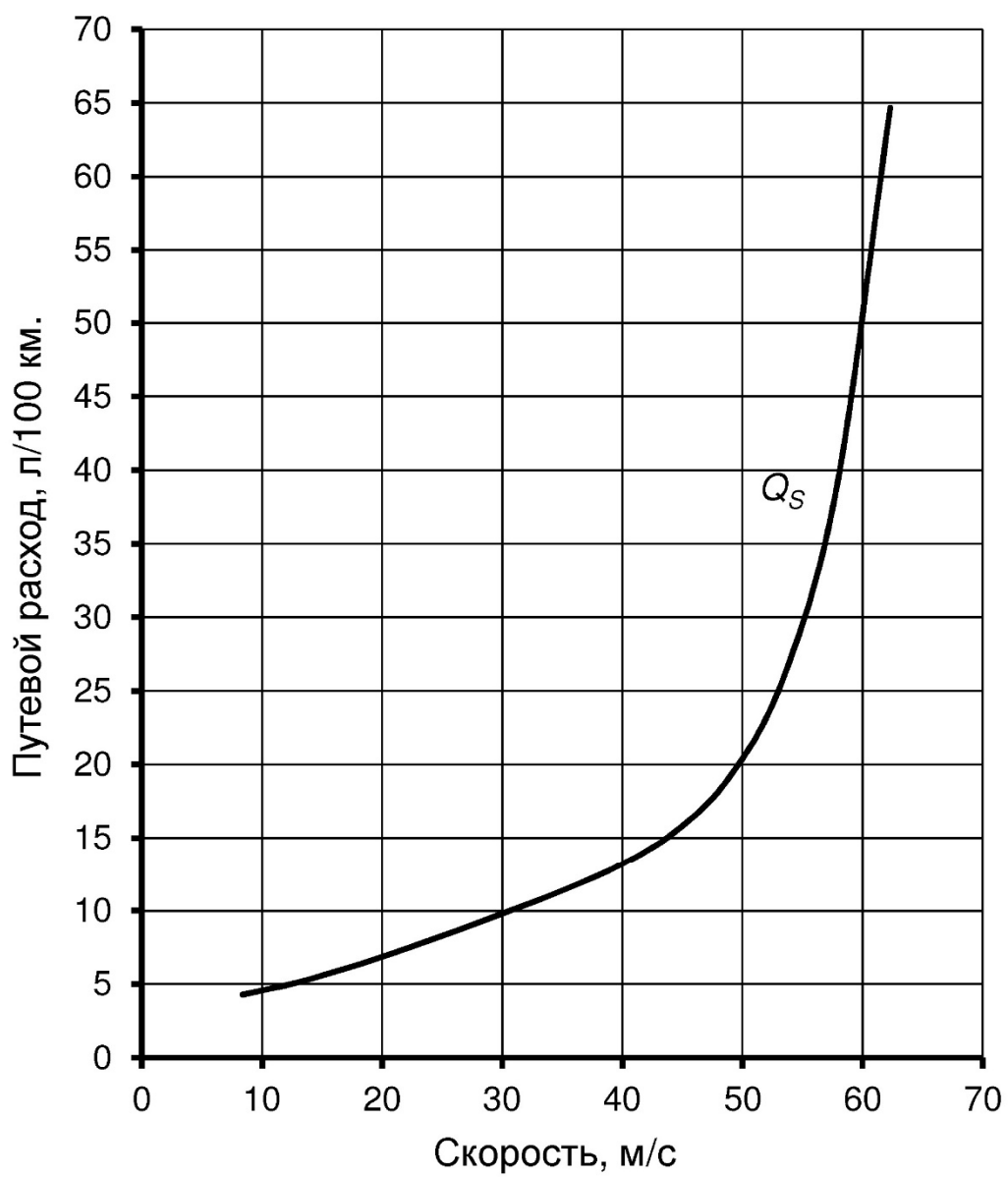


Рисунок А.8 – Путевой расход топлива