

Смольянов Александр Евгеньевич студент-магистр (2 курс)
Соавтор: Скутельник Виталий Викторович кандидат технических наук,
доцент кафедры авиационного строительства и транспорта
Иркутский Национальный Исследовательский
Технический Университет (ИРНИТУ)

ОЦЕНКА ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕДЕЛЬНЫХ ТЯГАЧЕЙ АМТ 632910 И УРАЛ 4320 В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Аннотация. В данной статье представлены результаты сравнительного анализа тягово-динамических параметров тяжелого седельного тягача АМТ 632910 и полноприводного автомобиля УРАЛ 4320. Актуальность исследования обусловлена растущими требованиями к автотранспорту, который занимается перевозкой крупногабаритного и тяжеловесного оборудования в экстремальных климатических и дорожных условиях, присущих северным регионам. В рамках исследования, на основе методологии построения силового и динамического балансов, были рассчитаны ключевые параметры. Выявлены преимущества современного тягача АМТ 632910 в плане мощности, диапазона трансмиссии и окончательных тягово-динамических характеристик, что подтверждает его эффективность при работе в составе тяжелых автопоездов.

Ключевые слова: тягово-динамические параметры, седельный тягач, полноприводный автомобиль, условия Крайнего Севера, силовой баланс, динамический фактор, АМТ 632910, УРАЛ 4320.

Введение

Эксплуатация автотехники в сибирских и дальневосточных регионах накладывает высокие требования к надежности, проходимости и тягово-динамическим качествам. Особенно сложны транспортные операции, связанные с доставкой тяжелых горнорудных, нефтегазовых и

инфраструктурных грузов, которые часто имеют большие размеры и требуют использования автопоездов с высокой грузоподъемностью. Эффективность таких перевозок, осуществляемых в условиях низких температур, снежного покрова, слабонесущих грунтов и сложного рельефа, напрямую зависит от способности тягового подвижного состава преодолевать комплексное сопротивление, обеспечивая необходимые скорости и безопасность.

В этом контексте существует научный и практический интерес к сравнительной оценке возможностей нового тяжелого седельного тягача АМТ 632910 и собранного в значительном количестве полноприводного автомобиля УРАЛ 4320. Основной целью исследования является расчет тягово-динамических характеристик указанных автомобилей и последующая оценка их способности к транспортировке тяжелых грузов в условиях северных регионов.

Методика расчета тягово-динамических характеристик

Методика расчета, примененная в рамках исследования, базируется на классических подходах к теории автомобилей и состоит из следующих шагов:

Расчет и построение тяговой характеристики (силового баланса) автомобиля, учитывающей тяговое усилие на колесах и силы сопротивления движению (качению, воздушной среды, подъему).

$$P_t = \frac{M_e \cdot i_{\text{ГЛ}} \cdot i_{\text{КМ}} \cdot i_{\text{ДК}} \cdot n_{\text{ТР}} \cdot K_p}{r_k}$$

Построение динамического паспорта на основе определения динамического фактора – комплексного показателя, характеризующего способность автомобиля разогнаться и преодолевать дорожные сопротивления.

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}$$

Расчет предельного уклона дороги при равномерном движении можно определить из условия: $D = \psi = f + i$;

где:

ψ – суммарный коэффициент сопротивления дороги.

$$\psi = f \cos \alpha + \sin \alpha$$

f – коэффициент сопротивления дороги (для укатанного снега и щебня $\sim 0,03$)

i – уклон в %

Расчеты выполнены для полной массы автопоезда с учетом стандартных коэффициентов потерь в трансмиссии ($\eta_{тр} = 0,85$) и буксования ($K_p = 0,95$). Для АМТ 632910 анализ проведен по 12 передачам коробки передач и двум диапазонам раздаточной коробки, что в совокупности дает 24 расчетных режима.

Характеристики и анализ автомобиля УРАЛ 4320

Автомобиль УРАЛ 4320 с колесной формулой 6×6 заслуженно считается эталоном высокой проходимости в тяжелых дорожных условиях. Его надежная конструкция, рамная компоновка и постоянный полный привод обеспечивают устойчивую работу на бездорожье.

Двигатель: Мощность 240 л.с. (~ 176 кВт).

Трансмиссия: 5-ступенчатая механическая коробка передач и двухступенчатая раздаточная коробка ($i_{дк н} = 2,05$; $i_{дк в} = 1,21$).

Полная масса автопоезда в расчете: ~ 43000 кг.

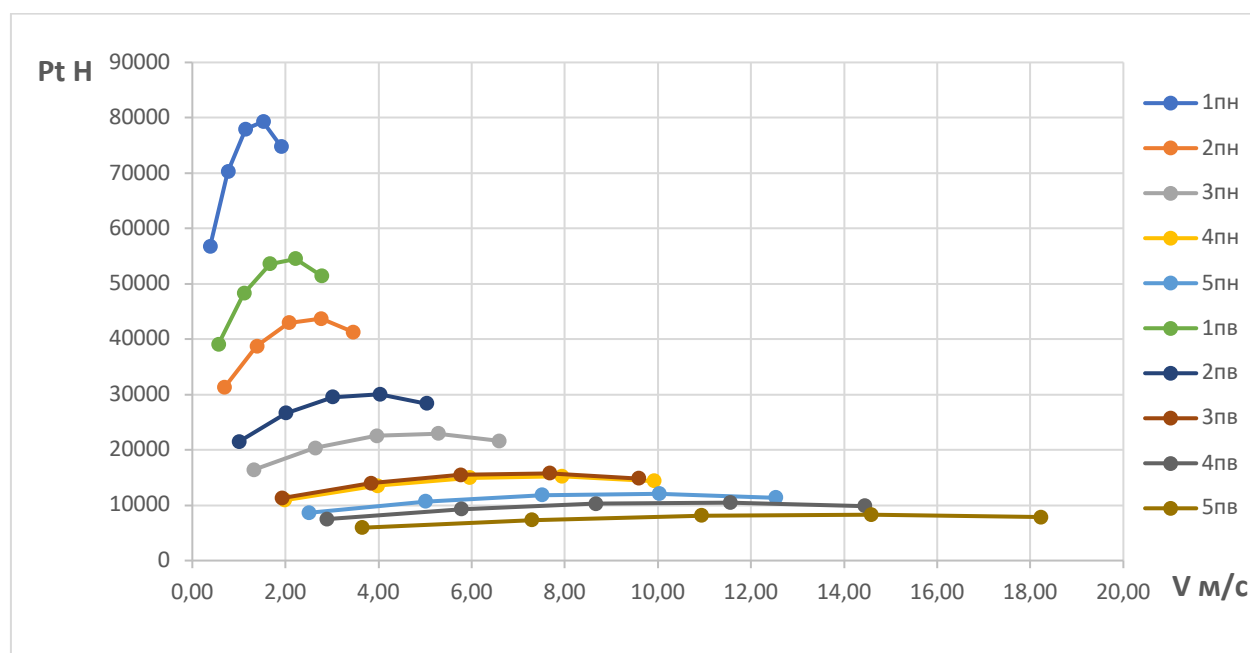
Передаточные числа по передачам:

Передача	1	2	3	4	5
Передаточное число	5,26	2,9	1,52	1,01	0,66

Главные передаточные числа ($i_{гл}$) составляют 6,7 для понижающих передач и 7,26 для повышающих

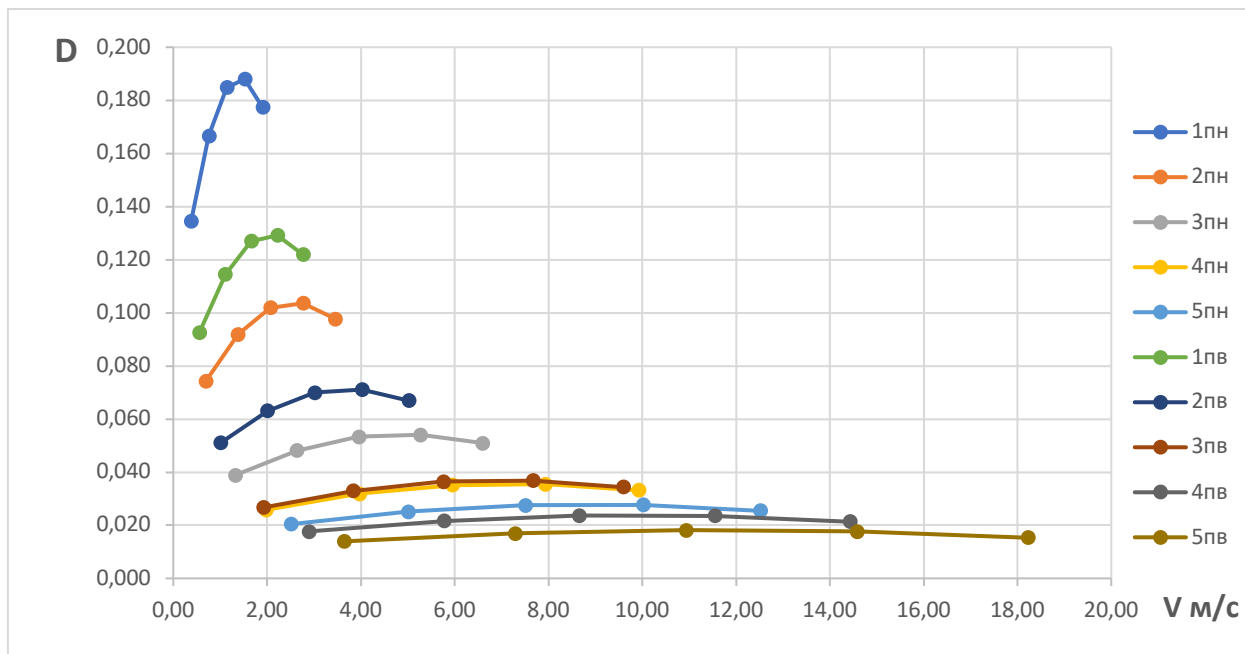
Проведенные расчеты, подтвержденные длительной эксплуатационной практикой, свидетельствуют о том, что УРАЛ 4320 обладает достаточным запасом тяги для решения многих задач в условиях бездорожья. Однако при росте массы перевозимого груза, особенно при транспортировке современного тяжелого неделимого оборудования, его абсолютный тяговый потенциал и удельные мощностные показатели могут стать ограничивающим фактором. Удельная мощность для принятой в расчете массы автопоезда составляет около 5,4 л.с./т, что при существенном увеличении полной массы ведет к падению средних скоростей движения и ухудшению динамики разгона, особенно на подъемах.

Рисунок 1 – Силовой баланс автомобиля УРАЛ 4320



Примечание* аббревиатурой «пн» обозначены 5 пониженных передач, в свою очередь под буквой «пв» обозначены повышенные передачи

Рисунок 2 – Динамический паспорт автомобиля УРАЛ 4320



Примечание* аббревиатурой «пн» обозначены 5 пониженных передач, в свою очередь под буквой «пв» обозначены повышенные передачи

Характеристики и анализ автомобиля АМТ 632910

Седелный тягач АМТ 632910 нацелен на создание высоконагруженных автопоездов с полной массой до 100 тонн, что делает его идеальным выбором для проектов в области освоения ресурсов на Северных территориях.

Двигатель: Дизельный двигатель мощностью 480 л.с. (~353 кВт), соответствующий стандарту «Евро-5».

Трансмиссия: 12-ступенчатая механическая коробка передач Fast Gear 12JSDX220TA-B с широким диапазоном передаточных чисел и двухступенчатая раздаточная коробка. ($i_{дк н} = 1,536 - i_{дк в} = 0,89$)

Полная масса автопоезда в расчете: ~92 320 кг.

Передаточные числа по передачам:

Передача	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Передаточное число	12,1	9,52	7,31	5,71	4,46	3,48	2,71	2,13	1,64	1,28	1,0	0,78

Передаточные числа главной передачи ($i_{гл}$) соответственно равны 5,32 для понижающих передач и 6,23 для повышающих

Результаты проведенных расчетов наглядно демонстрируют преимущества данного подвижного состава:

Высокий тяговый потенциал: Благодаря мощности двигателя и передачам с высокими передаточными числами, тягач развивает значительное тяговое усилие (P_T) на низких передачах, что критически важно для трогания с места тяжелого автопоезда и движения по слабым грунтам.

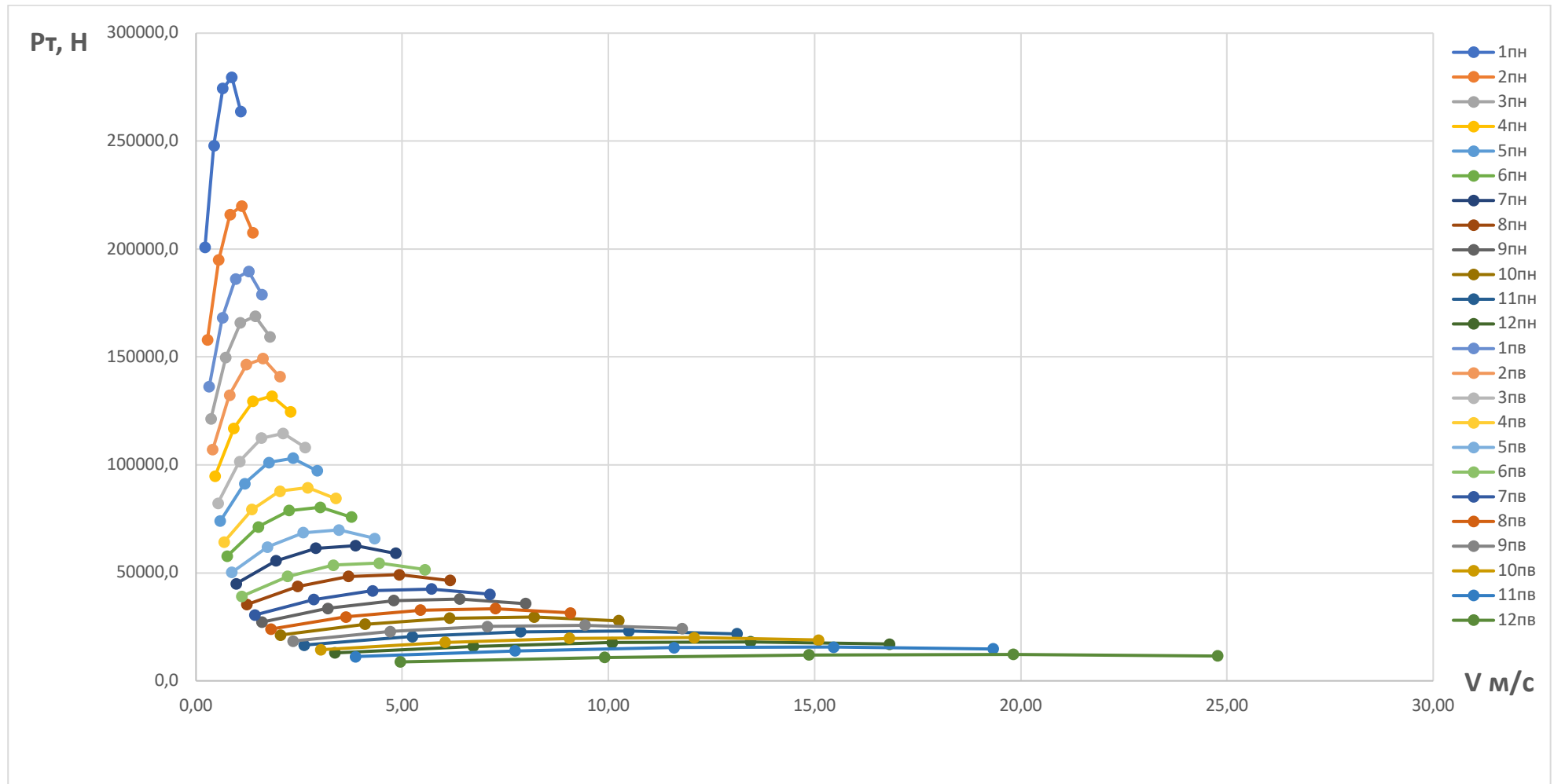
Превосходные динамические качества: Значения динамического фактора (D) для АМТ 632910 на соответствующих скоростях существенно выше, особенно в зоне низких и средних скоростей. Это обеспечивает способность преодолевать более крутые подъемы и обладает лучшей приемистостью.

Широкий эффективный диапазон скоростей: Наличие 12 передач, включая повышающую (овердрайв), позволяет оптимально использовать мощность двигателя как для преодоления сложных участков на низких скоростях с максимальной тягой, так и для экономичного движения на высоких скоростях по улучшенным дорогам.

Высокая удельная мощность: При полной массе автопоезда ~92,3 т удельная мощность составляет ~5.2 л.с./т, однако абсолютный запас мощности двигателя (480 л.с.) кратно превышает возможности УРАЛ 4320, что

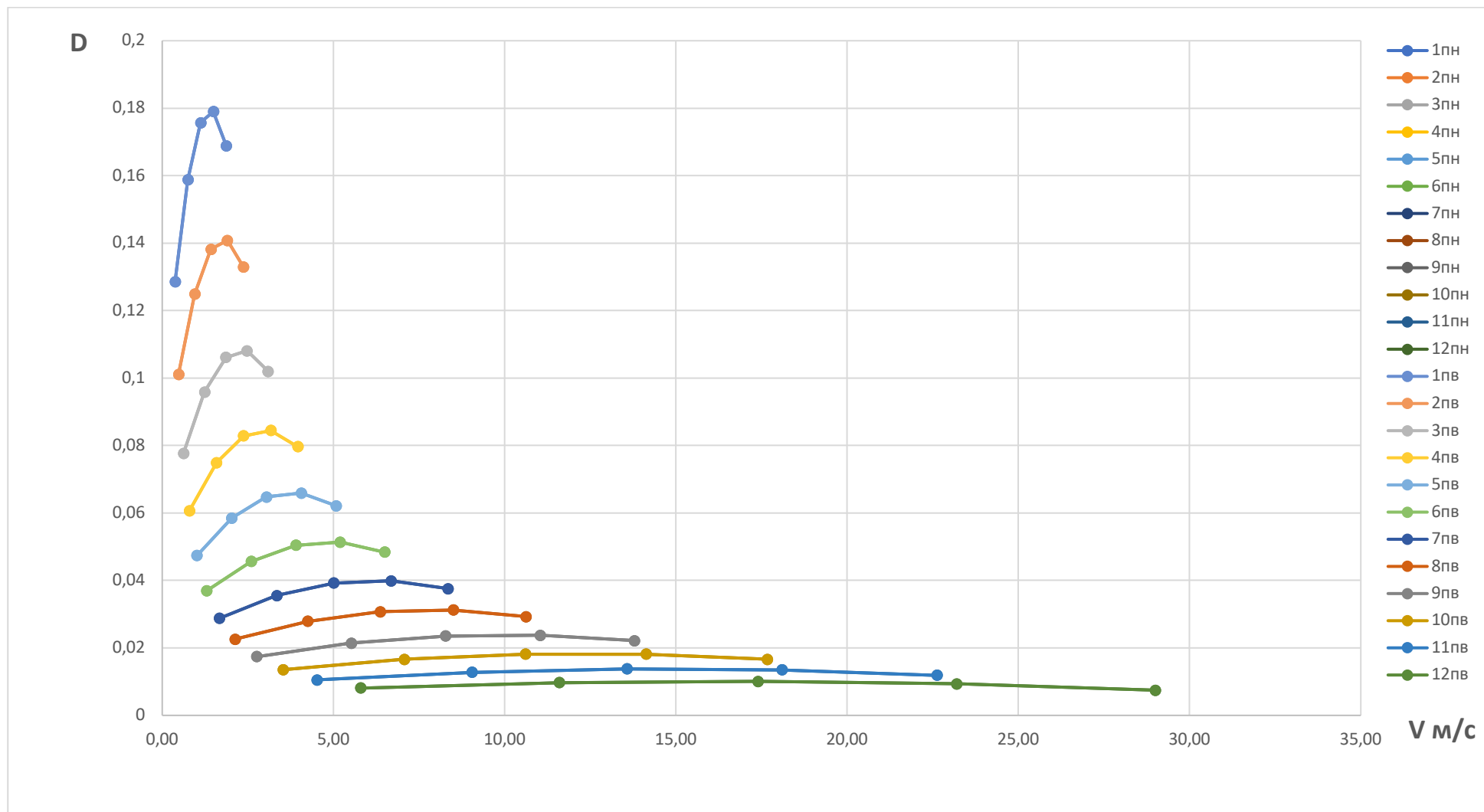
гарантирует существенный запас энергии для преодоления сопротивлений и поддержания скорости с полной нагрузкой.

Рисунок 3 – Силовой баланс автомобиля АМТ 632910



Примечание* аббревиатурой «пн» обозначены 12 пониженных передач, в свою очередь под буквой «пв» обозначены повышенные передачи

Рисунок 4 – Динамический паспорт автомобиля АМТ 632910



Примечание* аббревиатурой «пн» обозначены 12 пониженных передач, в свою очередь под буквой «пв» обозначены повышенные передачи

Заключение

На основе выполненных расчетов силового и динамического балансов, а также подтвержденных графическими визуализациями, были сделаны следующие выводы.

Анализ силового баланса (Рисунки 1 и 3) наглядно демонстрирует принципиальную разницу в тяговом потенциале между подвижными составами. Кривые тяговой силы для автомобиля УРАЛ 4320, несмотря на оптимальную форму в своем классе, имеют существенно меньшие абсолютные значения на всех передачах, что соответствует его мощности в 240 л.с. (176 кВт). Запас тяги, определяемый разницей между кривой тягового усилия и суммарной кривой сопротивления, достаточен для уверенного движения с расчетной массой ~43 тонны, однако при увеличении нагрузки резко сокращается. График также показывает ограниченный скоростной диапазон эффективной работы из-за малого числа передач (5 ступеней), что приводит к увеличению «разрывов» между кривыми и снижению возможности оптимального выбора режима работы двигателя при изменяющемся дорожном сопротивлении.

Напротив, график силового баланса для тягача АМТ 632910 (Рисунок 3) отражает качественно иной уровень возможностей. Плотный пучок кривых для 12 основных передач и двух диапазонов раздаточной коробки обеспечивает практически непрерывное распределение тягового усилия в широком диапазоне скоростей (от ~0,5 до ~25 м/с). Максимальные значения тяги на низших передачах (режим «пн») более чем в два раза превышают аналогичные показатели УРАЛ 4320, что напрямую следует из удвоенной мощности силовой установки 480 л.с. (353 кВт). Это обеспечивает огромный запас силы тяги для трогания и движения с полной массой автопоезда ~92,3 тонны в самых тяжелых дорожных условиях.

Результаты анализа динамического паспорта (Рисунки 2 и 4) являются ключевыми для оценки проходимости и динамичности. Для УРАЛ 4320

(Рисунок 2) характерны типичные для трансмиссии с малым числом ступеней ступенчатые кривые динамического фактора (D). Максимальное значение (D_{max}), определяющее способность преодолевать максимальное дорожное сопротивление, достигается на первой пониженной передаче. Однако при разгоне и переходе на высшие передачи происходит значительное падение динамического фактора, что ограничивает способность автомобиля поддерживать высокую динамику разгона и преодолевать затяжные подъемы без частых переключений, ведущих к потере скорости. Максимальный угол преодолеваемого подъема на щебеночном покрытии составляет около 9° (уклон $\sim 16\%$), в свою очередь при укатанном снеге, угол, который сможет преодолеть автопоезд УРАЛ 4320, составляет 6° (уклон $\sim 11\%$).

Динамический паспорт АМТ 632910 (Рисунок 4) имеет принципиально иную, более совершенную форму. Благодаря многоступенчатой коробке передач, кривые динамического фактора образуют плотную, почти сплошную огибающую с высоким средним уровнем. Максимальное значение (D_{max}) для АМТ на первой пониженной передаче существенно выше, чем у УРАЛа, что количественно подтверждает его превосходство в способности трогаться на крутых подъемах и вязких грунтах. Важнейшим преимуществом, видимым на графике, является плавное изменение динамического фактора при разгоне: водитель может поддерживать режим работы двигателя, близкий к максимальной мощности, последовательно переключая передачи с малым шагом, что обеспечивает высокую среднюю скорость движения тяжелого автопоезда. Расчёт предельных углов подъёма показывает, что автопоезд на базе АМТ 632910 полной массой $\sim 92,3$ т способен преодолевать подъёмы крутизной до 8° (уклон $\sim 15\%$) по щебёночному покрытию и до 5° (уклон $\sim 9\%$) по укатанному снегу.

Таким образом, итоговые выводы формулируются следующим образом:

УРАЛ 4320 подтверждает статус надежного внедорожного автомобиля для перевозок грузов средней массы. Он способен преодолевать уклоны до 9°

(16%) по щебню и до 6° (11%) по укатанному снегу. Однако его конструктивно ограниченные тягово-динамические параметры (мощность, число передач) делают его применение для регулярных перевозок сверхтяжелых (свыше 25 т) неделимых грузов в условиях Крайнего Севера недостаточно эффективным. Это проявляется в необходимости работы на пределе возможностей, приводящей к низким средним скоростям, повышенному расходу топлива и ускоренному износу агрегатов.

АМТ 632910, как следует из проведённых расчётов, представляет собой специализированное решение нового поколения для работы в экстремальных условиях. Его ключевые преимущества — колоссальный абсолютный запас тяги, оптимальное распределение динамического фактора в необычайно широком диапазоне скоростей и способность преодолевать крутые подъёмы с полной нагрузкой (до 8° на щебеночном покрытии и до 5° на укатанном снегу) — напрямую обусловлены современной мощной силовой установкой и многоступенчатой адаптивной трансмиссией. Это позволяет не только транспортировать сверхтяжёлые грузы массой до 90–100 тонн, но и делать это с повышенной оперативной скоростью, топливной экономичностью и, что критически важно, с высочайшей степенью регулярности и безопасности.

Для транспортного обеспечения крупных проектов в северных регионах и в Сибири, где фактор времени и надёжности является определяющим, использование тягачей класса АМТ 632910 технологически, оперативно и экономически обосновано. Их превосходство, доказанное расчётом силового и динамического балансов, обеспечивает выполнение плановых перевозок тяжеловесного оборудования в сложных климатических условиях с требуемой регулярностью и безопасностью, что в стратегической перспективе снижает совокупную стоимость логистических операций. УРАЛ 4320 сохраняет свою нишу для задач, не требующих столь высоких нагрузок и динамических параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт производителя АМТ.: «Официальный сайт АМТ (Автомобили Многоцелевые Транспортные). – URL: <https://www.amt-nv.ru/> (дата обращения: 05.12.2025)».
2. Официальный сайт производителя «УРАЛ». «Официальный сайт АО «Автомобильный завод «УРАЛ». – URL: <https://uralaz.ru/> (дата обращения: 05.12.2025)».
3. Гришкевич А.И., Автушко В.В. Теория автомобиля: учебник.
4. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств.
5. ГОСТ Р 52389-2005. Автотранспортные средства. Тягово-скоростные свойства. Методы испытаний.
6. Технический каталог или паспорт на КПП Fast Gear 12JSDX220TA-B.
7. Чудаков Е.А. Основы теории автомобиля и трактора.
8. Вахламов В.К., Шатров М.Г., Юрчевский А.А. Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя.