УДК 630*383

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС

[1]Козлов В.Г., [1]Скрыпников А.В., [2]Яковлев К.А., [3]Бурмистров Д.В.

[1]ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, e-mail: otimohova@ugtu.net;
[3]АО «Транснефть – Север», Ухта, e-mail: otimohova@ugtu.net

В статье проводятся исследования по определению влияния параметров ходовой части лесовозного автопоезда на устойчивость. Для оценки запаса устойчивости движения управляемых колес против автоколебаний часть эксперимента проводилась с увеличенным свободным ходом в рулевом механизме Δ и шарнирах гидроусилителей δ. Исследования показали, что в целом наблюдается тенденция некоторого уменьшения интенсивности автоколебаний с изменением схождения в сторону отрицательных значений. При малых значениях угла γ влияние схождения больше, чем при больших положительных значениях. Влияние развала, при изменении его в реальном диапазоне, также несущественно. Экспериментально доказано, что давление воздуха в шине оказывает заметное влияние на интенсивность автоколебаний управляемых колес. При увеличении развала амплитуда автоколебаний несколько уменьшается.

Ключевые слова: эксперимент, автомобиль, дорога, техника, состояние, параметры, управление

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF THE PARAMETERS OF THE CHASSIS FORESTRY TRAIN AT STEADYNESS MOVEMENT OF THE STEERED WHEELS

[1]Kozlov V.G., [1]Skrypnikov A.V., [2]Yakovlev K.A., [3]Burmistrov D.B.

[1]FGBOU VPO «Voronezh State University of Engineering Technology», Voronezh, e-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru;
[2]FGBOU VO «Voronezh State Agricultural University Emperor Peter Mr. I», Voronezh, e-mail: otimohova@ugtu.net;
[3]AO «Transneft – Sever», Ukhta, e-mail: otimohova@ugtu.net

The paper conducted studies to determine the effect of the parameters of the chassis-foot timber trains on the stability. To evaluate the safety factor against the movement of the steered wheels of the self-oscillation experiment was conducted with a larger free-running in the steering mechanism and hinges Δ booster. Studies have shown that in general there is a tendency nekoto-cerned reduce the intensity of self-oscillation with a change in the direction of convergence of knowledge-negative cheny. For small values of the angle γ influence toe longer than the big positive knowledge-cheniyah. Effect collapse, changing it in the real band is also immaterial. The experiments, experimentally proved that the tire pressure has a significant influence on the intensity oscillations avtokolesteered wheels. With an increase in the collapse of the amplitude of oscillation decreases somewhat.

Keywords: experiment, car, road, equipment, condition, options, management

Задачей экспериментального исследования является определение влияния параметров ходовой части лесовозного автопоезда на устойчивость движения управляемых колес (определение области автоколебаний).

Для испытаний был выделен автомобиль МАЗ 5434А3-220А, имеющий заводскую установку параметров управляемых колес. Техническое состояние автомобиля соответствовало требованиям заводской инструкции.

Устойчивость управляемых колес против автоколебаний зависит, прежде всего, от параметров установки колес, шин, зазоров в системе рулевого управления.

Влияние этих факторов на устойчивость движения определялось в зависимости от скорости движения, то есть определялись критические скорости движения автомобиля. Варьирование параметров шины, не прибегая к изготовлению специальных шин с соответствующими параметрами, невозможно, поэтому единственным регулируемым параметром шины было давление в ней воздуха. При изменении давления, кроме радиальной и боковой жёсткостей, в определенной мере изменялись и другие её параметры, что в дальнейшем учитывалось.

Для обеспечения требуемого варьирования параметров установки колес, автомобиль был оснащен необходимыми экспериментальными узлами и деталями.

Чтобы исключить влияние внешних возмущений на поведение испытываемого

автомобиля, все колеса на нём были тщательно отбалансированы (динамически), а испытания проводились на ровных участках дороги, на которых предварительно проводилась оценка величин неровностей.

Возбуждение автоколебаний осуществлялось резким поворотом рулевого колеса или наездом на специально установленную неровность.

С помощью смонтированного на автомобиле измерительно-регистрирующего комплекса фиксировались следующие параметры колебаний:

1. Углы поворота управляемых колес.
2. Вертикальный ход колеса подвеске.
3. Угол поворота корпуса автомобиля в поперечной плоскости («трампинг») в различных сечениях по длине.
4. Угол поворота автомобиля в горизонтальной плоскости («рыскание).

Первые два параметра измерялись с помощью реоходных датчиков типа ДС-800, а для определения двух последних применялись гироагрегаты.

Важнейшим параметром, который необходимо было изменять, причём в довольно широком диапазоне, был угол продольного наклона шкворня. Заводская конструкция опоры поворотного кулака и подвески не позволяли варьировать углом продольного наклона шкворня, поэтому была применена специально для этого разработанная составная опора, позволяющая изменять указанный угол в пределах ± 9°. Опора состоит из самой опоры и разрезного хомута [1].

Изменение угла продольного наклона шкворня осуществляется путём изменения взаимного положения опоры и хомута. Фиксация этого положения обеспечивается силами трения, возникающими на сопрягаемых поверхностях.

Предварительно угол продольного наклона шкворня выставлялся по шкале нанесенной на наружной цилиндрической поверхности фланца опоры.

После предварительной установки производилась частичная затяжка стяжных болтов хомута и проверка величины угла продольного наклона с помощью прибора ГАРО. Если угол не соответствовал заданному, производилась корректировка его до требуемой величины с последующей окончательной затяжкой стяжных болтов хомута и болтов соединения фланца пары и торцевой поверхности хомута. Момент силы трения на сопрягаемых поверхностях хомута и опоры предотвращал их взаимный поворот даже при резком торможении [1, 2].

Регулировка угла развала осуществлялась установкой между сопрягаемыми поверхностями поворотного кулака и цапфы соответствующих клиновых прокладок. Угол развала изменялся в пределах от + 2° до – 1° через 0,5°. Угол поперечного наклона шкворня в процессе эксперимента не менялся, так как варьирование эти углом представляла значительные трудности. К тому же этот параметр практически не влияет на устойчивость движения управляемых колес при изменении его в допустимых пределах.

Регулировка и контроль схождения колес производились обычным способом.

Одним из важных параметров колебательной системы, который желательно было бы изменять при эксперименте, была жёсткость самой подвески и приведенная радиальная жёсткость (с учётом жёсткости подвески и шины). Наиболее эффективно эта задача могла решаться с применением сменных торсионов различной жёсткости. Однако это была бы весьма трудоёмко к дороге. Поэтому изменение жёсткости подвески производилось блокировкой подвески, а также делалась попытка установки только одного торсиона из двух, предусмотренных в существующей конструкции. Блокировка осуществлялась с помощью подкладки устанавливаемой между резиновым буфером и упорным кронштейном. После установки подкладки последняя зажималась стяжной штангой, которая устанавливалась на месте телескопического амортизатора [3].

Изменение жёсткости подвески удалением одного из торсионов в подвеске всех управляемых колес не привело к положительному результату, так как из-за значительной деформации подвески резиновые буфера упирались в упорные кронштейны. Поэтому эксперименты с уменьшением жёсткости подвески были проведены только для случая, когда была удалена по одному торсиону подвески одного из управляемых мостов. Такое изменение жёсткости подвески можно считать вполне корректным, так как существенное значение на поведение колебательной системы, в данном случае имеет не радиальная, а угловая жёсткость подвески колес управляемых колес обеих мостов.

В конструкции колеса испытываемого автомобиля не предусмотрена возможность установки балансировочных грузиков, поэтому для балансировки колеса и установки требуемого дисбаланса были специально изготовлены кольца-пауки и набор грузиков (противовесов).

Регистрация и измерение параметров колебаний производилась с помощью измерительного комплекса, который был разработан с учётом особенностей эксперимента и условий его проведения.

В измерительном комплексе были применены, для измерения всех параметров

колебаний реоходные датчики. Применение однотипных датчиков позволило создать достаточно простой и надёжный комплекс. Выбор рекордных датчиков диктовался тем, что гироагрегаты, применяющиеся для измерения углов крена и рыскания, были оснащены именно такими датчиками.

При проведении исследования автоколебаний на электронной модели в зависимости от ожидаемой последовательности и диапазона изменения параметров системы строится и сама модель. Применяя различные приёмы, обычно удаётся так построить электронную модель, что практически любой параметр можно изменять в требуемом диапазоне легко и просто.

При натурных экспериментах трудоёмкость изменения отдельных параметров зависит от конструкции самого автомобиля и применяемых экспериментальных узлов и деталей, а трудоёмкость эксперимента в целом, или серия экспериментов зависит, кроме того, и от выбора последовательности (порядка) изменения параметров.

С целью максимального сокращения трудоёмкости и времени проведения эксперимента был проведен анализ трудоёмкости и затрат времени, необходимых для изменения каждого варьируемого параметра. На основе этого анализа с учётом диапазонов варьирования параметров системы была назначена последовательность их изменения при проведении экспериментов. Основным варьируемым параметром, по которому определялись области существования автоколебаний и их интенсивность, была выбрана скорость движения автомобиля, как наиболее легко изменяемый параметр. Диапазоны и последовательность изменения параметров были приняты следующими:

1. Скорость движения автомобиля v изменялась через каждые 5 км/ч (в области существования автоколебаний).

2. Схождение колес ε – в пределах ± 20 мм через 5 мм (в диапазоне $\varepsilon = \pm 5$ мм через 2,5 км).

3. Давление воздуха в шинах $p_в$ устанавливалась от 0,1 до 0,35 МПа через 0,05 МПа.

4. Угол предельного наклона шкворня γ в пределах ± 8 ° через 1 °.

5. Угол развала α от + 2 ° до – 1 ° через 0,5 °.

Кроме экспериментов с указанными вариациями параметров, были проведены серия экспериментов по определению интенсивности в области существования автоколебаний при нормальных (заводских) значениях $p_в$, ε, γ, β для случаев:

а) заблокированы подвески управляемых колес;

б) отключены гидроусилители рулевого управления;

в) сняты амортизаторы.

Для оценки запаса устойчивости движения управляемых колес против автоколебаний часть эксперимента проводилась с увеличенным свободным ходом в рулевом механизме Δ и шарнирах гидроусилителей δ.

На испытуемом автомобиле, при заводских параметрах установки колес и нормальном давлении воздуха в шинах, автоколебания возникали со скорости 25 км/ч. Максимальная критическая скорость автоколебаний была близка к максимальной скорости движения автомобиля. Частота автоколебаний в зависимости от скорости движения изменялась в пределах 3,6÷4,15 Гц.

На поведение управляемых колес наиболее существенное влияние оказывает угол продольного наклона шкворня, величина которого определяет значение конструктивного плеча стабилизации.

При заводском значении $\gamma = 0$ конструктивное плечо $l_к = 0$. Стабилизация движение управляемых колес и самовозврат их обеспечивается благодаря наличию шинного плеча стабилизации, величина которого для шины испытываемого автомобиля $l_\gamma = 0{,}119$ м, что соответствует углу наклона шкворня $\gamma \approx 9°50'$. Это означает, что апериодическая неустойчивость управляемых колес наступает при $\gamma = -9°50'$ ($l_\Sigma = l_\gamma + l_к$) и стабилизации управляемых колес возможна при углах продольного наклона шкворня $\gamma >= -9°50'$.

Автоколебания на испытываемом автомобиле существуют при $\gamma < -1{,}9°$. То есть устойчивость движения управляемых колес обеспечивается при установке угла γ в пределах от – 1,5 ° до – 9 °. При углах γ меньше – 9 ° наступает апериодическая неустойчивость. Устойчивость движения управляемых колес возможна и при других значениях угла γ – при больших положительных. Судя по результатам теоретического анализа можно предположить, что движение будет устойчиво и при $\gamma > 13°$.

Наибольшая интенсивность колебаний наблюдалась при $\gamma = 3° \ldots 5°$ и $v = 45$ км/ч.

Исследования по определению влияния схождения на автоколебания показали незначительное его влияние. В целом наблюдается тенденция некоторого уменьшения интенсивности автоколебаний с изменением схождения в сторону отрицательных значений. При малых значениях угла γ влияние схождения больше, чем при больших положительных значениях.

Влияние развала, при изменении его в реальном диапазоне, также несущественно. При увеличении развала амплитуда автоколебаний несколько уменьшается.

Давление воздуха в шине оказывает заметное влияние на интенсивность автоколебаний управляемых колес.

Наибольшая интенсивность автоколебаний наблюдалась при $p_в = 0{,}2$ МПа. Амплитуда автоколебаний при этом составляла $\theta = 3{,}5°$ (параметры установки колес заводские, $v = 55$ км/ч). При минимально допустимом давлении $p_в = 0{,}1$ МПа амплитуда автоколебаний снижалась в 2 раза, а при давлении рекомендуемом для движения по дорогам с твёрдым покрытием ($p_в = 0{,}35$ МПа) – в 1,5 раза. То есть давление воздуха в шинах $p_в = 0{,}35$ МПа можно считать вполне «благоприятным» с точки зрения устойчивости движения управляемых колес.

Для определения сочетания параметров, при которых потребная энергия демпфирования автоколебаний будет наименьшей, были проведены эксперименты с различными величинами зазоров в шарнирах гидроусилителя. Определялась амплитуда автоколебаний на наиболее «неблагоприятной» скорости $v = 45$ км/ч в зависимости угла γ. При отсутствии зазоров в шарнирах крепления гидроусилителей ($\delta = 0$) движение управляемых колес устойчиво при установке угла продольного шкворня $\gamma \leq -1{,}5°$. В эксплуатации, как правило, $\delta \neq 0$, поэтому с учётом эксплуатационных зазоров шкворни необходимо устанавливать с наклоном порядка $\gamma = -2° \ldots 3°$. При наличии в системе зазоров порядка $\delta \geq 6$ мм движение управляемых колес становится неустойчивым при любых отрицательных значениях угла γ. Интенсивность колебаний при этом наименьшая при $\gamma = -4°$, то есть наименьшая потребная энергия демпфирования колебаний будет при $\gamma = -4°$. Подобные эксперименты в области больших положительных значений угла γ не проводилась из-за ограничения установки угла γ пределом $-9° \leq \gamma \leq +9°$.

Список литературы

1. Камусин А.А. Лесовозные автопоезда: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов, магистров и бакалавров направления 250400 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» по профилю «Лесоинженерное дело» / А.А. Камусин, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова. – М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждения высш. проф. образования «Московский гос. ун-т леса». – Москва, 2012 – 268 с.

2. Курьянов В.К. Комплексное моделирование процесса функционирования автомобильных лесовозных дорог в САПР / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова.– Деп. в ВИНИТИ № 1088-В2004 24.06.2004. – 73 с.

3. Курьянов В.К. Рекомендации по проектированию элементов поперечного профиля на кривых в плане при движении автомобильных поездов / В.К. Курьянов, А.В. Скрыпников, Е.В. Кондрашова. – Деп. в ВИНИТИ № 1450-В2002 07.08.2002. – 30 с.

4. Скрыпников А.В. Управление, основанное на средних характеристиках транспортного потока / А.В. Скрыпников [и др.] // Перспективные технологии, транспортные средства и оборудование при производстве, эксплуатации, сервисе и ремонте: межвузовский сборник научных трудов; под ред. В.И. Посметьева. – Воронеж, 2007. – С. 204–209.

5. Скрыпников А.В. Методы, модели и алгоритмы повышения транспортно-эксплуатационных качеств лесных автомобильных дорог в процессе проектирования, строительства и эксплуатации: монограф. / А.В. Скрыпников [и др.]. – М.: ФЛИНТА: Наука. – 2012. – 310 с.