

БАЛАНС ЭНЕРГИИ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ

Харин А.А., аспирант кафедры АиАХ

Павлюк А.С., д.т.н., профессор кафедры АиАХ

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Современные автомобили, оснащенные только ДВС работающего по циклу «Отто» имеют низкий КПД, порядка 35 % вся остальная энергия топлива уходит в окружающую среду в виде тепла через систему охлаждения в месте с отработавшими газами ДВС.

Одним из способов решения этих проблем, является создание гибридного автомобиля с ДВС работающего по циклу Аткинсона в эффективном режиме, что приводит к улучшению топливной экономичности и более высокой экологичности двигателя за счет улучшения термического КПД двигателя.

Минусом использования такого двигателя, является то, что его не целесообразно использовать на автомобилях традиционной конструкции, потому что он работает более эффективно, чем двигатель Отто только в определенных режимах. Поэтому его выгоднее использовать в гибридных силовых установках, например в паре с электродвигателем, который будет его дополнять, когда это нужно. Тем самым будет достигнута высокая топливная экономичность и экологичность.

Также преимуществом гибридного автомобиля является возможность возвращать, часть энергии топлива потраченной на движение автомобиля, путем рекуперации энергии торможения. Возможность запаса альтернативной энергии, например использование солнечных батарей. Возможность не запускать ДВС при езде на небольшие расстояния.

Дальнейшее развитие гибридных автомобилей заключается в более полном использовании энергии топлива. Не смотря на то, что двигатель гибридного автомобиля работает в эффективном режиме, КПД его не превышает 40-45%, остальная энергия топлива рассеивается в виде тепла в окружающей среде.

Следующий этап совершенствования гибридных автомобилей, преобразовывать эту энергию и использовать ее например для движения автомобиля. В данный момент разрабатывается много устройств по утилизации тепловой энергии.

Компания Toyota на автомобилях Prius использует термос для сбора охлаждающей жидкости и хранения ее во время стоянки в горячем состоянии, а затем использует ее для быстрого прогрева ДВС, тем самым экономится топливо на прогрев ДВС.

Для утилизации тепловой энергии отработавших газов предлагается использовать технологию термоэлектрогенерации, данная технология позволяет вырабатывать электричество, для питания электросети автомобиля, тем самым уменьшить расход топлива за счет меньшей нагрузки на генератор.

В настоящий момент разрабатываются гибридные автомобили, с использованием ДВС и гидравлическими двигателями, которые значительно меньше, компактней электродвигателей при одинаковых характеристиках. Плюсом таких гибридов будет долговечность пневмогидроаккумуляторов, которые могут быть без потерь материала переработаны, в отличии от химических аккумуляторных батарей чья стоимость неуклонно растет.

Для данных гибридных автомобилей на кафедре Автомобили и Автомобильное Хозяйство Алтайского Государственного Технического Университета разрабатываются утилизаторы тепловой энергии отработавших газов. Данные утилизаторы будут способны превращать тепловую энергию непосредственно в механическую энергию, например для движения автомобиля.

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МИКРОПРОФИЛЯ ОПОРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДОРОГ

Сафронов В.В., аспирант кафедры АиАХ

Павлюк А. С. д.т.н., профессор кафедры АиАХ

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Движение автомобиля по дороге непосредственно связано со взаимодействием колес с опорной поверхностью. Идеальной формой опорной поверхности была бы плоскость, однако даже для новых дорог имеются отклонения от этой формы. Это связано с существующими технологиями строительства, применяемыми материалами и оборудованием, стоимостью. По мере эксплуатации дорог отклонения возрастают, и образовавшиеся неровности создают дополнительные помехи для движения. Поэтому важно проведение контроля формы опорной поверхности как при строительстве на соответствие принятым нормативам, так и в эксплуатации для определения состояния, при котором необходим ремонт дороги. Следует учитывать, что одной из наиболее важных причин дорожно-транспортных происшествий является неудовлетворительное состояние дорожных условий.

При математическом моделировании движения автомобиля для обеспечения соответствия реальному процессу необходимо учитывать взаимодействие колес с дорогой.

Для этого необходимо знать геометрические характеристики опорной поверхности дороги, неровности которой оказывают существенное влияние на многие характеристики движения автомобиля: плавность хода, управляемость, устойчивость, проходимость, скорость движения, топливную экономичность, производительность, безопасность движения и др.

Для характеристики опорной поверхности в целом обычно используется понятие рельефа, являющегося наиболее общей моделью неровностей в совокупности с характеристиками податливости, коэффициента сцепления и т.д.

Применительно к автомобильным дорогам для характеристики неровностей во многих случаях применяется микропрофиль – сечение рельефа в направлении движения автомобиля, состоящий из неровностей с длиной волны от 10 см до 100 м. Такие неровности вызывают существенные колебания транспортного средства на подвеске и колесах, но практически не влияют на режим работы двигателя, поскольку не содержат длительных подъемов и спусков. Макропрофиль определяется длинными плавными неровностями с длиной волны свыше 100 м и практически не вызывает колебаний транспортного средства, но влияет на режим работы двигателя и трансмиссии, изменяет динамические свойства.

Методы определения характеристик микропрофиля можно разделить на несколько видов. Наиболее общим делением является различие непосредственных и косвенных методов. В первом случае измеряются ординаты профиля дороги, а во втором определяются колебания определенной динамической системы при проезде по неровностям дороги.

Непосредственные измерения являются более точными, не требуют сложного оборудования, но трудоемки. Для измерений применяют нивелирование с шагом 10-50 см, прокатывание щупа по неподвижной балке. Применяются измерения зазоров между измерительной рейкой, уложенной на дорогу и опорной поверхностью. Стремление повысить производительность непосредственных методов часто ведет к увеличению шага измерений, что связано с потерей информации о коротких неровностях. Несмотря на имеющиеся недостатки, такие способы регламентированы в ряде стандартов по контролю геометрии дорожной поверхности.

В последние годы появились устройства для определения характеристик микропрофиля дороги с использованием лазерных дальномеров. В этом случае повышается производительность и точность измерений.

Для косвенных методов измерений основным преимуществом является высокая производительность – запись производится обычно на эксплуатационных скоростях транспортных средств. К таким методам относится применение «медленных маятников» с низкой собственной частотой колебаний, датчиков вертикальных ускорений, толчкомеры. Толчкомеры измеряют суммарную величину сжатия упругих элементов задней подвески автомобиля при прохождении мерного участка дороги на заданной скорости движения и с определенной загрузкой.

Общим недостатком рассмотренных методов измерений является то, что они рассчитаны для твердых покрытий дорог. При прохождении транспортного средства покрытие деформируется и изменяет свою форму. Поскольку значительная часть дорог нашей страны имеет деформируемое покрытие, представляет интерес разработка методов определения характеристик микропрофиля дорог, имеющих такое покрытие.

На кафедре «Автомобили и автомобильное хозяйство» АлтГТУ разработан ряд устройств, в которых использованы новые методы измерений характеристик микропрофиля опорной поверхности дорог.

Для повышения производительности непосредственного способа измерений разработаны и изготовлены два варианта установки, пригодных для контроля и деформируемых опорных поверхностей. В первой установке производится дискретное измерение ординат опорной поверхности одновременно в 81 точке с произвольным шагом. В этих же точках производится измерение плотности деформируемой поверхности путем задавливания зонда.

Во второй установке производится непрерывное измерение ординат опорной поверхности в нескольких продольных сечениях опорной поверхности. Имеется возможность изменять условия деформации опорной поверхности.

Обе установки позволяют определять характеристики не только микропрофиля, но и макропрофиля опорной поверхности.

В установках предполагается применение спутниковых радионавигационных систем для определения координат расположения измеряемых точек в пространстве. Это позволит повысить производительность работы установок по определению характеристик формы опорной поверхности дороги.

Предложены конструкции устройств, позволяющих повысить точность измерения координат измеряемых точек при работе установок. Полученные результаты могут быть использованы как при строительстве, так и при эксплуатации автомобильных дорог, а также при математическом моделировании.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Шенкнехт Ю.И. - ст. преподаватель кафедры АиАХ

Павлюк А. С. д.т.н., профессор кафедры АиАХ

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Увеличение объемов сельскохозяйственного производства, необходимость проведения посевных и уборочных работ в сжатые сроки требует все большего объема транспортных работ при низких транспортных издержках, что немало важно для сельского хозяйства. Для повышения производительности подвижного состава и снижения транспортных издержек, все более широкое применение находят автопоезда и тракторные поезда – состоящие из нескольких звеньев шарнирно соединенных между собой. Разъемное шарнирное соединение, позволяет составлять различные комбинации звеньев, а пневматические шины дают возможность двигаться как по полю, так и по дорогам в условиях ограничения рабочих скоростей, поперечных габаритов и осевых нагрузок.

Однако широкому распространению автопоездов и тракторных поездов в составе машинотракторных агрегатов, а также увеличению числа сочлененных звеньев, в настоящее время препятствует ряд характерных особенностей этого вида мобильных машин по параметрам управляемости и устойчивости:

1. Гибкая шарнирная связь между отдельными звеньями затрудняет, а местами практически исключает движение таких мобильных машин задним ходом, что ограничивает маневренность.

2. При повороте автопоезда или тракторного поезда наблюдается несовпадение колеи тягача и прицепного звена, которое резко возрастает при увеличении числа прицепных звеньев и их длины, что также ограничивает маневренность, требуя увеличения ширины полосы движения при повороте, и снижает общую проходимость автопоезда.

3. Способность пневматических шин к боковому уводу под действием боковой силы даже при отсутствии скольжения создает опасность появления поперечных колебаний звеньев при прямолинейном движении, амплитуда которых возрастает с увеличением скорости движения автопоезда и числа звеньев. Для звеньев машинотракторного агрегата поперечным колебаниям в горизонтальной плоскости способствуют возмущающие воздействия со стороны неровностей почвы, неравномерности сопротивлений рабочих органов, что приводит к возрастанию пути движения машинотракторного агрегата, увеличению общего рабочего сопротивления, повышая при этом расход топлива.

4. Возмущающие воздействия со стороны неровностей дороги, аэродинамических сопротивлений, в процессе маневрирования и торможения автопоезда, могут создать такие условия, когда может возникнуть процесс складывания звеньев, неустранимый никакими действиями со стороны водителя. Это ведет к снижению скорости движения, ухудшению качества выполняемых работ и снижению безопасности движения.

В связи с этим исследование управляемости и устойчивости автопоездов или тракторных поездов в составе машинотракторных агрегатов, имеет большое прикладное значение.

Характеристики устойчивости и управляемости автопоезда или тракторного поезда в составе машинотракторных агрегатов зависят от многих факторов, среди которых можно выделить: параметры тягово-сцепных устройств соединяющих звенья автопоездов или тракторных поездов; конструкции поворотных устройств прицепных звеньев; жесткость шин; и прочие факторы.

Как показывает анализ выполненных в данной области работ, на динамику автопоезда или тракторного поезда, имеющего в своем составе прицеп, существенное влияние оказывают конструктивные параметры тягово-сцепного устройства.

Так для повышения устойчивости и управляемости при движении многозвенной машины на высоких (относительно высоких) скоростях рекомендуется:

- уменьшение зазоров в тягово-цепном устройстве;
- уменьшение передаточного отношения поворотного устройства прицепа;
- увеличение длины дышла прицепа;
- смещение точки присоединения дышла к тягачу вперед за заднюю ось тягача по направлению движения автопоезда.

Для повышения маневренности автопоезда или тракторного поезда, при выполнении транспортной работы рекомендуется:

- увеличение передаточного отношения поворотного устройства прицепа;
- уменьшение длины дышла прицепа (или получение отрицательной эквивалентной длины дышла, уходящей к задней оси прицепа) в случае движения задним ходом;
- смещение точки присоединения дышла к тягачу назад относительно центра задней оси тягача на величину длины дышла относительно центра передней оси прицепа, что в свою очередь приводит к увеличению длины автопоезда.

Из приведенного следует, что для одновременного повышения устойчивости и управляемости автопоездов, необходимо компромиссное решение варианта конструктивного исполнения тягово-цепных и поворотных устройств, обеспечивающих удовлетворение требований и по устойчивости, и по маневренности автопоездов.

Как видно из приведенных рекомендаций и на повышение устойчивости прицепного звена при прямолинейном движении, и на повышении управляемости при совершении маневра необходимо управлять длиной дышла, в зависимости от характера движения автопоезда.

Применение конструкций тягово-цепных устройств с выдвигным дышлом, длина которого управляется водителем, связано с повышением трудоемкости управления тягачом – необходимо автоматически регулировать длину дышла без участия водителя в зависимости от характера движения. Кроме того, при использовании такой конструкции не полностью выполняются требования по обеспечению оптимальности положения точки присоединения дышла к тягачу – выбирается постоянная точка.

Изменять длину дышла или параметра, ей эквивалентного (эквивалентная длина дышла) оказалось возможным не только путем непосредственного изменения длины, но и за счет изменения кинематики тягово-цепного устройства. При этом вопрос по обеспечению оптимального положения точки присоединения дышла к тягачу в зависимости от характера движения, также решается за счет изменения кинематики тягово-цепного устройства.

Тягово-цепные устройства с переменной эквивалентной длиной дышла рассмотрены во многих работах отечественных и зарубежных ученых, но такие устройства имеют повышенную металлоемкость, а иногда и высокие сложность и стоимость конструкции или управляющих устройств.

Учитывая вышесказанное, наибольший интерес вызывает тягово-цепное устройство типа «четырёхзвенник», состоящее из двух продольных тяг, шарнирно соединенных с тягачом и прицепом, и относящихся к тягово-цепным устройствам с переменной эквивалентной длиной дышла, имеющих низкую металлоемкость и простоту конструкции.

Анализ работы такого тягово-цепного устройства показал повышение устойчивости движения прицепа и снижение поперечного ускорения, за счет увеличения эквивалентной длины дышла и смещения мнимой точки присоединения дышла к тягачу вперед по движению автопоезда. Не смотря на это переднее расположение эффективной точки присоединения дышла к тягачу, приводит к большой разнице между радиусами поворота тягача и прицепа, что отрицательно влияет на маневренность.

Однако подбирая кинематические параметры тягово-цепного устройства типа «четырёхзвенник» можно получить различные его характеристики и добиться оптимальных

значений, при которых выполнялись бы и высокие требования к устойчивости, и к управляемости автопоезда.

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ТЯГОВО – СЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ

Сотников Д.В., студент гр. АиАХ-61

Руководитель - Павлюк А. С., д.т.н., профессор кафедры АиАХ
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Огромный рост рыночной экономики и всего производства в целом требует большой транспортной работы. При этом возникла остро проблема снижения транспортных издержек. Расстояния и грузоподъемность увеличиваются, и поэтому возникает необходимость применения автопоездов – состоящих из нескольких звеньев шарнирно соединенных между собой. Но применение поездов ограничено следующими характерными особенностями:

1. Автопоезд практически не имеет возможности полноценно двигаться задним ходом, что влияет на маневренность
2. При повороте автопоезда наблюдается несовпадение колеи тягача и прицепного звена, что приводит к увеличению ширины проезжей части
3. Способность пневматических шин к боковому уводу способствуют поперечные колебания звеньев при прямолинейном движении, амплитуда которых возрастает с увеличением скорости движения автопоезда и числа звеньев.

Таким образом из анализа были выявлены следующие требования, которые должны предъявляться к тягово-сцепным устройствам: снижение колебания прицепа при движении на высоких скоростях, хорошая маневренность при низких скоростях движения, что повысит эффективность выполнения транспортной работы.

Существующие в настоящее время и получившие наибольшее распространение тягово-сцепные устройства с постоянной длиной дышла, к которым относятся: крюк - сцепная петля дышла, шкворневая вилка – сцепная петля дышла, шаровое соединение, клиновой безшарнирный плоский разъем, - не обеспечивают выполнение этих требований, как по устойчивости, так и по маневренности.

При движении автопоезда на высоких скоростях наличие зазоров в сцепных устройствах: крюк-петля, шкворневая вилка - петля – приводит к возникновению колебаний звена, которые увеличиваются с ростом скорости и количеством прицепных звеньев.

Тягово-сцепные устройства шарового соединения и безшарнирного с плоским разъемом, несмотря на то, что не имеют зазоров в шарнирном соединении, не нашли широкого распространения из-за ограниченности тяговых свойств (при увеличении тягового свойства размеры устройства необходимо увеличивать). Данные тяговые устройства используют только легковые и пассажирские транспортные средства.

Кроме того, на устойчивость так же влияет увеличение длины дышла. Анализ сцепных устройств показал, что при увеличении длины дышла, повышается устойчивость прицепного звена при прямолинейном движении на высоких скоростях.

Однако увеличение длины дышла приводит к увеличению длины автопоезда, массы и металлоемкости устройства.

К некоторым устройствам имеются рекомендации выбора длины прицепа равным половине длины его базы, что увеличивает длину автопоезда. Кроме того увеличение длины дышла, приводит к увеличению колеи движения прицепа, от колеи движения тягача, что требует увеличения коридора дорожного полотна и как следствие ухудшается маневренность.

На ряду с указанными конструктивными параметрами немало важное, значение имеет и точка крепления дышла к раме тягача.

При конструировании автопоездов положение точки крепления дышла к раме тягача постоянно и оно выполнено за задней осью прицепа, что обеспечивает удобную сцепку и

расцепку устройств и улучшает маневренность при повороте. Однако на степень улучшения маневренности будет оказывать влияние и длина дышла, так как движение прицепа по колею тягача, при постоянном положении точки крепления дышла к раме, будет зависеть только от длины дышла, что ограничивает область применения тягача с различным прицепным составом.

Но, не смотря на то, что такое положение точки к раме тягача способствует повышению маневренности, оно негативно воздействует на устойчивость при прямолинейном движении с высокими скоростями.

Из проведенного анализа следует, что для обеспечения устойчивости на высоких скоростях при прямолинейном движении эта точка должна находиться за задней осью тягача, ближе к его центру масс, что конструктивно не возможно.

Вывод: Существующие конструкции не удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. Необходимо использование таких сцепных устройств, которые могли бы автоматически регулировать длину дышла и точку крепления в зависимости от характера движения автопоезда. Наиболее перспективным направлением в этой области являются использование сцепного устройства, которое позволяет менять не геометрическую длину дышла, а эквивалентную. Среди таких конструкций есть:

- Тягово-сцепное устройство с изменяющейся эквивалентной длиной дышла в функции от угла между тягачом и прицепом. Данное устройство позволяет уменьшить действительную длину дышла при обеспечении возможности поворота прицепа относительно дышла.

- Тягово-сцепные устройства со складывающимися дышлами. Данное устройство повышает устойчивость прицепа, при прямолинейном движении за счет удлинения шарнирного дышла, и улучшает маневренность при повороте и движении задним ходом за счет уменьшения длины шарнирного дышла и смещение эквивалентной точки присоединения за переднюю ось прицепа.

- Тягово-сцепное устройство типа «четырёхзвенник». Данное устройство повышает устойчивость движения прицепа, позволяет снизить поперечные ускорения прицепа при маневрировании прицепа, по сравнению с тягово-сцепными устройствами типа крюк-петля. Обеспечение маневренности в таких устройствах зависит от геометрии тяг.

Таким образом, совершенствование конструкций тягово-сцепных устройств позволит повысить возможности использования автопоездов.

СНИЖЕНИЕ МАТАЛЛОЕМКОСТИ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ (ЛПМ) МАШИН С ПРИМЕНЕНИЕМ S-ОБРАЗНОЙ СПИЦЫ

Копылов И.С. -аспирант

Алтайский государственный технический университет

Одним из наиболее нагруженных элементов ходовой части ЛПМ является опорный каток. Опорный каток воспринимает нагрузку через непосредственную передачу веса машины на опорное основание. В качестве базовой конструкции взят серийный опорный каток трелевочного трактора ТТ-4М. За более чем полувековую историю производства трелевочных тракторов на АТЗ конструкция ходовой части не переносила существенных изменений. Применение в настоящее время САПР позволяет получать оптимальное решение конструкции элементной базы машины, в частности опорного катка. При этом необходимо:

1. Дать оценку прочности серийного опорного катка под действием сосредоточенной нагрузки.

3. Дать оценку по прочности и по массе применение s-образной спицы с переходом на 12 и 13-спицевое исполнение опорного катка.

Сосредоточенную внешнюю нагрузку, приложенную в точке поверхности опорного катка, можно рассматривать как предельный случай поверхностных нагрузок, распределенных на малой части поверхности катка. Под действием заданной нагрузки в теле появляются напряжения. На рисунке 1 показана расчетная схема определения напряжений серийного 15-спицевого опорного катка трелевочного трактора ТТ-4М, где

H – толщина спицы; B – толщина обода; P – нагрузка со стороны опорного основания;

Расчет проводится для трактора ТТ-4М с мощностью двигателя 140 л.с. Наиболее нагруженным является пятый опорный каток в задней каретке. Наиболее характерным является режим трелевки пакета хлыстов.

$P = 39900$ Н. по данным расчета [1;с76].

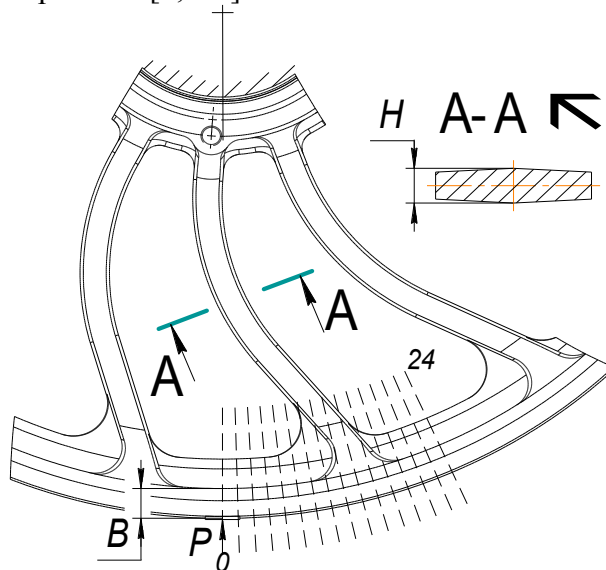


Рисунок 1.- Расчетная схема определения напряжений 15-спицевого серийного опорного катка трелевочного трактора ТТ-4М

В связи с неоднородностью сечений обода опорного катка необходимо проводить расчет с приложением нагрузки P по ходу вращения колеса на интервале угла шага размещения спиц.

Определение угла шага размещения спиц на 15-спицевом катке.

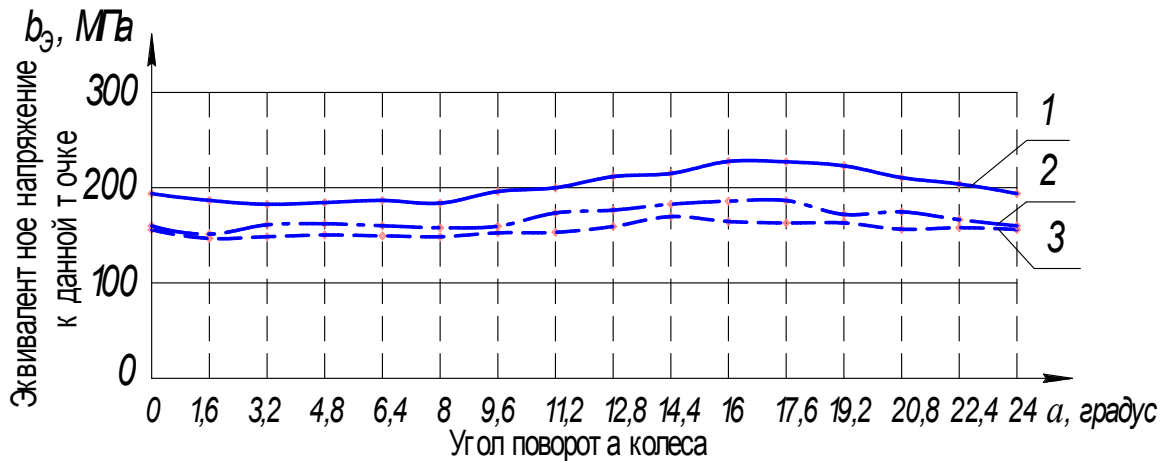
$$\alpha = \frac{360^\circ}{15} = 24^\circ;$$

Таким образом расчет проводится с приложением нагрузки P по ходу вращения колеса на интервале $(0;24)$ градусов.

На практике, в большинстве случаев, повышение прочности происходит за счет увеличения массы несущих элементов конструкции. Таким образом, встаем необходимость в оценке конструкции серийного опорного катка с приращением массы на ободе и спицах.

В-первом случае предполагается повышение прочности за счет перераспределения части напряжений через увеличение толщины обода B до 24мм. (Вместо 17мм. как у серийного).

Во втором случае, предполагается повышение прочности за счет перераспределения части напряжений через увеличение жесткости спицы с приращением H до 18мм. (Вместо 17мм. как у серийного), при этом, толщина обода остается равной 24мм. Результаты расчетов представлены на рисунке 2.

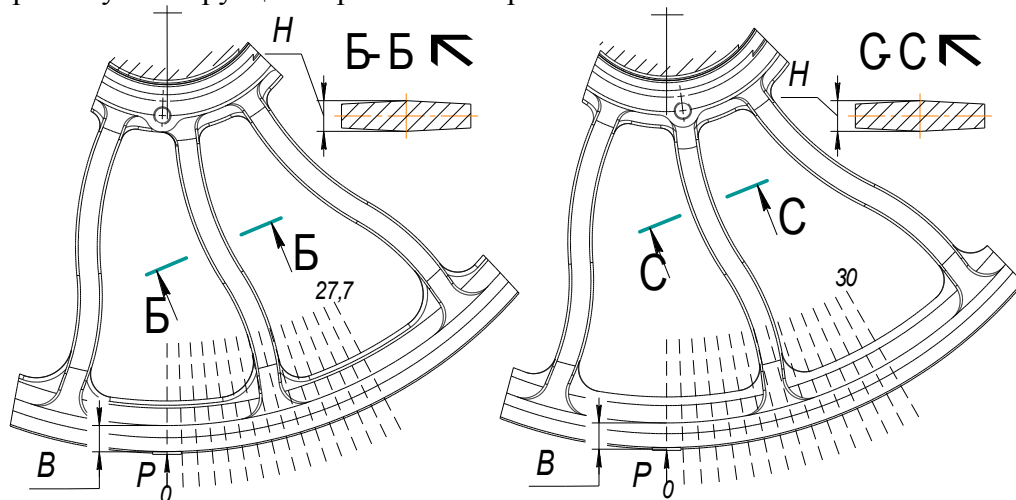


Рис

унок 2.- Графики зависимости $\sigma_{\text{э}} = f(\alpha)$ для 15-спицевого серийного опорного катка трелевочного трактора ТТ-4М и его двух модификаций

На графиках 1, 2, 3 (рисунок 2) изображена функция $\sigma_{\text{э}} = f(\alpha)$ на интервале (0;24) градусов соответственно для серийного катка, серийного катка с увеличенной толщиной обода В и серийного катка с увеличенную толщиной обода В и спицею Н, где $\sigma_{\text{э}}$ – эквивалентное напряжение в данной точке, α – угол поворота колеса;

На рисунке 3 показаны расчетные схемы определения напряжений 13 и 12-спицевых опорных катков с применением s-образной спицы. Режим и метод расчета выбран аналогично расчету конструкции серийного опорного катка.



а) 13-спицевый каток

б) 12-спицевый каток

Рисунок 3.- Расчетные схемы определения напряжений 13 и 12-спицевых опорных катков с применением s-образной спицы

Определение угла шага размещения спиц:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{13} = 27,7^\circ - 13\text{-спицевый каток};$$

$$\alpha = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ - 12\text{-спицевые каток};$$

Выводы.

По графикам (рисунок 2) видно, что увеличение массы опорного катка с 89 кг. до 109 кг. снижает напряжение по максимуму лишь на 34%, что подчеркивает нецелесообразность использования металла в серийной конструкции опорного катка. Поэтому решение усовершенствования конструкции детали должно лежать только в самой конструкции спицы.

При использовании s-образной спицы имеется возможность снизить массу ходовой части трактора до 100 кг, не ухудшая прочностных характеристик. Это приведет в дальнейшем, к унификации ходовой части машин тягового класса 4-6 тонн, а также к повышению производительности ЛПМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Расчет опорного катка. / Расчет ТТ-4М-2-РР1 / Трактор ТТ-4М, 1979.
2. Субботин В.И. Выбор участков неровных дорог и искусственных препятствий для испытания трактора на плавность хода. // Труды НАТИ, вып. 183, 1966.