

О взаимодействии системы «двигатель – грунт – лесная среда»

М. И. Куликов¹

Петрозаводский государственный университет

АННОТАЦИЯ

В данной работе проведен анализ воздействия лесозаготовительной техники на окружающую среду в зависимости от типа машин, их функционального назначения, динамических и кинематических режимов и др. В рамках экологической совместимости системы «двигатель – грунт – лесная среда» рассмотрены технико-экономические параметры модернизированных тракторов семейства «Онежец». В статье приведены сравнительные характеристики систем лесных машин на базе отечественных и зарубежных тракторов.

Ключевые слова: экологическая совместимость, негативное воздействие, новые машины, трактор, лесная машина, лесная среда, двигатель.

SUMMARY

The paper presents the analysis of the negative influence of logging machinery on the environment depending on the type of the machines used, the functions they perform, dynamics and speedy regimes, etc. Technical and economics parameters of modernized tractors of «Onezhets» – type are considered within the limits of ecological combination of the system «caterpillar – soil – forest environment». Comparative characteristics of forest machine system are given on the basis of domestic and foreign tractors.

Keywords: ecological combination, negative influence, new machines, tractor, forest machines, environment, motion track.

Как известно, существующие технологические процессы лесозаготовок и лесовосстановления далеки от совершенства, если учесть воздействие ходовых аппаратов лесных машин на почву, почвенный покров, растительность, в том числе подрост и древостой; технологического оборудования со срезаемым и затем подтаскиваемым деревом (хлыстом) на растительность и почвенный покров; машины с транспортируемым (трелюемым) пакетом деревьев (хлыстов) на почву, подрост и древостой.

В ходе производства лесосечных, лесотранспортных, лесовосстановительных и других видов работ двигатели колесных и гусеничных лесных машин вертикальным и горизонтальным силовым воздействием на поверхность движения способствуют интенсивному колееобразованию на сильнодеформируемых грунтах, нарушают ее, а в отдельных случаях разрушают

и структуру почвы, особенно при многократных проходах по одному следу. В период дождей по образующимся колеям устремляются грязевые потоки, уносящие верхний плодородный слой почвы, превращая их (колеи) в глубокие промоины и даже в овраги. Из литературных источников известно, что со взрыхленного ходовыми аппаратами участка лесосеки за время только одного дождя может быть смыт слой почвы толщиной 5-10 см, на восстановление которого, по утверждению почвоведов, потребуется около 1000 лет. В засушливое время года разрушенный сухой грунт подвергается интенсивной ветровой эрозии. Но, пожалуй, наиболее негативное воздействие на грунт оказывают вертикальные силовые воздействия от ходового аппарата машины и транспортируемого (трелюемого) пакета, которые вызывают интенсивные уплотнения почвы, что резко снижает восстановление промышленно ценных древесных пород. Уплотнение почвы влияет на процесс лесовозобновления главной породы – ели, для которой пороговое значение плотности для возобновления находится в пределах 1,65 ... 1,70 г/см³ (для березы 1,80 г/см³ и более).

Снизить негативное воздействие интенсивного разрушения и уплотнения грунта можно грамотным выбором оптимальных технологических процессов (вариантов), различающихся организацией лесозаготовительных работ, типом используемых машин с учетом рельефно-грунтовых и климатических условий и т. д., а также конструкторско-компоновочными мероприятиями: снизить удельное давление ходовых аппаратов на грунт и кратность прохода машины по одному следу, ограничить касательную силу тяги, т.е. уменьшить их буксование, применять более совершенные механизмы поворота и др.

Как известно, появление и использование первых трелевочных машин и механизмов, существенно облегчивших труд лесозаготовителей, не вызвали у специалистов и ученых серьезной опасности за окружающую (лесную) среду и возможность ее восстановления. По мере накопления опыта эксплуатации машин и механизмов (тракторов, электро-, а затем и бензиномоторных пил) формировалась и совершенствовалась технология лесозаготовок, которая со временем стала называться традиционной.

Трелевочные тракторы с тросочкерным оборудованием транспортировали (трелевали) хлысты или сортименты с лесосек по волокам, прорубаемым через 25...35 м. Сучья обрубались непосредственно на лесосеке (у пня), собирались в кучи или укладывались на волоках, как правило, на сильнодеформируемых грунтах. При этом площадь волоков составляла 15...20% от площади лесосеки. Естественно, и при такой технологии наблюдалось негативное воздействие техники на лесную почву и растительный покров, однако основные повреждения почвы и растительности происходили на волоках, а на остальном пространстве лесосеки почва повреждалась незначительно.

¹ Автор – доцент кафедры тяговых машин
© М. И. Куликов, 2001

Такая степень повреждения окружающей среды считалась вполне допустимой. К тому же в ряде районов нашей страны и за рубежом стали широко внедряться различные виды несплошных рубок, при которых площадь волоков сократилась в 1,5...2 раза по сравнению со сплошными рубками, т.е. сохранность лесных почв (по площади) и растительности (древостой, подрост и др.) увеличилась. Очевидно, что в такой ситуации сохранность окружающей среды не вызвала тревоги.

Следует отметить, что к концу 60-х годов, несмотря на относительно высокую механизацию основных работ (валка, трелевка, погрузка, вывозка и др.), на лесозаготовках еще очень широко использовался ручной труд (обрубка сучьев, чокеровка, валка бензиномоторными пилами и др.) Поэтому не удивительно, что в начале 70-х годов официально появился термин – «механизация основных лесозаготовительных операций», означающий их выполнение с помощью машин (механизмов), без использования ручного труда непосредственно у объекта труда (дерева). Появилось целое семейство принципиально новых многооперационных лесозаготовительных машин – валочных, валочно-трелевочных, валочно-пакетирующих, валочно-сучкорезных и других, а также тракторов для бесчокерной трелевки, погрузчиков леса и т. д. Использование машин данного типа способствовало не только интенсивному повышению эффективности лесозаготовительного производства, но и решению задач социального значения. Производительность труда на основных операциях в лесном комплексе увеличилась в 1,5 – 2 раза. Возросла масса машины, а вместе с ней и нагрузка на опорную поверхность, возникла опасность интенсивного разрушения почвенного покрова, уничтожения флоры, снижения плодородия, водоохраных свойств и других необратимых экологических последствий. Возникла проблема оценки воздействия техники на лесную среду. Очевидно, что степень воздействия на окружающую среду (почву, флору и т.п.) в значительной мере предопределяется типом используемой техники, технологии, рельефно-климатическими и почвенно-грунтовыми условиями, сезонностью и масштабностью лесозаготовок, спецификой конкретных лесонасаждений и др. Следует отметить, что вопросы оценки такого воздействия на окружающую среду волнуют не только отечественных ученых и эксплуатационников, но и специалистов лесного комплекса Европы, Скандинавских стран, США и т. д. Анализ тенденций развития отечественного и зарубежного лесозаготовительного производства и лесного машиностроения показывает, что преобладающим технологическим процессом в обозримом будущем останется заготовка древесины в хлыстах. Следовательно, вопросы снижения отрицательного воздействия техники (и технологии) на почву и окружающую среду (древостой, подрост и т.п.) не теряют своей актуальности. Результаты исследований показывают, что использование такой техники (для хлыстовой заготовки) приводит к более интенсивному уплотнению, нарушению водно-физических свойств, разрушению и смещению верхних слоев

почвы. Даже по отдельности (не говоря уже об их совокупности) эти воздействия техники и объекта труда (хлыста, дерева) отрицательно сказываются на лесовозобновлении. Поверхностное разрушение почвы и некоторое перемешивание растительной подстилки с верхними минеральными слоями почвы благоприятно сказываются на произрастании всходов древесных пород. Однако более интенсивное разрушение грунта и измельчение поверхностного слоя приводит к существенному изменению водно-физических и воздушно-тепловых свойств грунта, увеличению плотности нижележащих слоев грунта, повреждению корневой системы древостоя и подростка, и тем самым к снижению интенсивности их роста. Как показывают исследования, это негативное воздействие распространяется на расстояние до 5-7 м от волока. С учетом того, что у современных отечественных манипуляторных трелевочных, валочно-трелевочных, валочно-пакетирующих и др. машин вылет манипуляторов составляет 5-8 м, становится очевидным, что негативному воздействию подвергается почти вся площадь лесосеки. Появление новых машин на базе ЛП-19, например МЛ-73, имеющих максимальный вылет манипулятора до 10 м и более, позволяет несколько снизить процент повреждаемой площади лесосеки, однако полностью проблемы не решает. Очевидно, что работы по увеличению вылета рабочего органа манипуляторных многооперационных машин заслуживают пристального внимания с позиций сокращения площади лесосеки, повреждаемой машинами при решении ими функциональных задач.

К сожалению, до последнего времени вопросы взаимодействия ходовых аппаратов колесных и гусеничных лесных машин с грунтом при создании отечественных лесных машин в основном решались в направлении совершенствования технических и компоновочных параметров ходовых аппаратов с целью повышения тягово-сцепных и кинематических качеств машины, повышения производительности, проходимости и т. п.

При этом вопросы экологической совместимости системы «двигатель – грунт – лесная среда» как бы отодвигались на второй план.

Под экологической совместимостью лесных машин (систем машин) и почвы понимается совокупность основных параметров машин, почвенных условий и технологических процессов в лесопользовании, которая обеспечивала бы благоприятные условия для воспроизводства лесосечного фонда в соответствии с принятым способом лесовозобновления.

В сельскохозяйственном производстве на вопросы экологической совместимости системы «двигатель – почва – урожай» внимание было обращено значительно раньше, несколько десятилетий назад, поскольку рассматриваемая проблема непосредственно связана с плодородием почвы, т.е. недобором урожая.

Весной и летом «затоптали» почву – осенью не досчитались урожая. Сразу виден результат.

Иная обстановка наблюдается в лесной экосистеме, где лесные машины воздействуют на плодородный слой почвы один раз в 30...100 лет, дальнейшее же восстановление ее основных параметров и характеристик предоставлено естественному самовосстановлению на длительные сроки.

Проблемы рационального и неистощимого природопользования, развития биологического разнообразия, интенсивное наступление лесозаготовок на территории с сильнодеформирующимися грунтами, насущная целесообразность ускоренного лесовосстановления ценных промышленных пород выдвинули в число первоочередных и важнейших задач создание техники и технологии лесозаготовок и лесного хозяйства, обеспечивающих наиболее благоприятное состояние лесных почв с точки зрения лесовозобновления. В ряде источников эти технологии и машины получили название «экологически чистых» (экологически благоприятных).

Немаловажную роль в загрязнении окружающей среды играет и невысокая надежность лесозаготовительных машин, особенно надежность топливо-смазочных систем машины и гидравлических систем технологического оборудования. Низкая надежность этих систем приводит к значительным потерям (выбросам) топлив, масел и рабочих жидкостей. Как правило, такие выбросы наблюдаются при аварийном нарушении герметичности трубопроводов и сочленений, разрывах шлангов и др., что приводит к загрязнению водно-почвенной среды, не считая непосредственного экономического ущерба от потерь дорогостоящих топливо-смазочных материалов.

Поскольку обеспечить полную надежность топливо-, гидромагистралей и других элементов гидросистем крайне затруднительно, а практически, можно сказать, и невозможно, очевидно, необходимо оснастить гидросистемы устройствами, которые бы свели до минимума, в силу своего быстрого действия, потери масла (топлива) при аварийной разгерметизации гидро- и топливосистем.

В силу своего функционального назначения каждая лесная машина (тип машины) имеет свои загрузочные и кинематические режимы, режимы использования рабочего времени за смену - в статике или в движении, режимы движения (соотношение прямолинейного и криволинейного движения) и др., то есть каждая машина должна иметь свои индивидуальные эксплуатационные характеристики, обеспечивающие оптимальные затраты энергии (энергоресурсов) на выполнение функциональных операций и предотвращение чрезмерного уплотнения почвы и разрушения грунта, повреждения корневых систем деревьев и оставляемого на лесосеке древостоя.

Негативное воздействие лесных машин на почву предопределяется их типом, конструкторско-

компоновочными схемами, величиной условного нормального давления на почву, характером распределения по длине опорной поверхности гусениц нормальных давлений на грунт, суммарной минерализованной (поврежденной) площадью, максимальными значениями динамических нагрузок и др.

Для каждого типа лесных машин, даже выполненных на одном базовом шасси, распределение нормальных давлений по опорной поверхности должно быть свое - индивидуальное.

Рассмотрим данное положение на примере валочно-пакетирующих, валочно-трелевочных и трелевочных машин.

Из числа валочно-пакетирующих машин возьмем ЛП-19 и ЛП-17 (в режиме валка - пакетирование), из валочно-трелевочных – ЛП-17 (в режиме валка - пакетирование - трелевка) и ЛП-49, из трелевочных – машины для бесчokerной трелевки ТБ-1 и ЛП-18А и с тросочкерным оборудованием ТДТ-55А и ТТ-4.

Учитывая, что основной рабочий цикл валочно-пакетирующих машин заключается в срезании и укладке дерева в пачку (коник), а затем перемещении машины на 8-16 м (ЛП-19) или 5-10 м (ЛП-49) и вновь пакетировании, можно заключить, что основное рабочее время за смену машины проводят в статическом режиме.

Очевидно, что для такого типа машин, во избежание негативного воздействия на грунт, целесообразно распределение нормальных нагрузок по длине опорной поверхности в статике, близкое к равномерному, т.е. центр тяжести машины должен находиться в районе середины опорной поверхности. При этом очевидно, что уплотняющее воздействие машины на грунт будет минимальным, так как почти вся опорная поверхность участвует в передаче нормальных давлений.

Для валочно-трелевочных машин с учетом запаса древесины на 1 га, бонитета древостоя, расстояния трелевки, рельефно-почвенных условий и др. факторов можно с некоторым приближением принять равенство времени нахождения в статике (срезание деревьев и набор пакета) и в движении (трелевка).

Очевидно, что для такого режима работы требуется иной характер распределения нормальных давлений в статике по длине опорной поверхности гусениц. С появлением «крюковой нагрузки» в процессе движения, т.е. опрокидывающего момента от сил сопротивления волочению и веса части пакета, приходящегося на машину, происходит интенсивное перераспределение нормальных давлений по длине опорной поверхности и резкое увеличение наибольших значений нормальных давлений на грунт, достигающих 2...4 и более кратного увеличения.

С целью снижения сопротивления движению машины и ее негативного воздействия на грунт целесооб-

разно на всех рабочих режимах иметь координату центра давления (центра тяжести машины и системы «машина + пакет») в районе геометрического центра машины.

Однако при значительных опрокидывающих моментах эта задача, связанная с конструкторско-компоновочными мероприятиями, является крайне проблематичной.

Одно время высказывалось предложение о создании «переменного центра тяжести» путем использования подвижных элементов силовой установки, трансмиссии и т.п.; в частности, предлагалось установить двигатель на «рельсы», перемещая его (двигатель) в продольной плоскости машины в зависимости от рабочего режима.

Однако данное предложение значительно усложняет конструкцию и обслуживание систем машин и имеет сомнительный положительный эффект.

Одним из возможно приемлемых вариантов «переменного центра тяжести», по нашему мнению, на сегодняшний день (для манипуляторных машин) может являться использование «переменного» положения гидроманипулятора в зависимости от загрузочного режима и применение ведущих колес увеличенного диаметра.

Естественно, данный вариант не является выходом из имеющейся проблемы, но в отдельных случаях рабочих режимов он может способствовать выравниванию нормальных давлений по длине опорных поверхностей.

При трелевке древесины машинами с тросочерным оборудованием (ТДТ-55А и ТТ-4) опрокидывающий момент от сил сопротивления волочению из-за большего значения вертикальной координаты приложения силы $R_{кр}$ больше, чем у машин для бесчочерной трелевки (ТБ-1 и ЛП-18А) при одних и тех же загрузочных и кинематических режимах, почвенно-рельефных условиях и т. д.

Это приводит к более интенсивному перераспределению нормальных давлений по длине опорной поверхности гусениц, а следовательно, к увеличению максимальных значений нормальных давлений на грунт.

Очевидно, что для данного типа машин реально возможным вариантом снижения неравномерности являются значительно вынесенный вперед относительно геометрического центра машины центр тяжести и использование ведомых и ведущих колес увеличенного диаметра (уменьшение угла наклона ведомого и ведущего участков гусениц).

В то же время, как известно из теории гусеничных машин, чрезмерный вынос вперед центра тяжести приводит к увеличению сопротивления при движении холостым ходом, особенно на сильнодеформируемых грунтах, в связи с появлением при этом «бульдозерного эффекта».

Наиболее «оптимальным» вариантом эксплуатации трелевочных машин с тросочерным и бесчочерным оборудованием представляется использование первых на грунтах до определенной плотности, а вторых (бесчочерных) – на грунтах с пониженной плотностью (сильнодеформируемых).

Естественно, расчетным путем крайне сложно установить загрузочные, кинематические и др. режимы эксплуатации трелевочных машин, а также пороговые значения плотности (степени деформации) почвы, обеспечивающие оптимальные расходы энергоресурсов и снижение негативного влияния лесных машин на грунт.

Более эффективное средство в достижении этой цели, на наш взгляд, заключается в проведении серии экспериментальных исследований в различных почвенно-грунтовых условиях и с наиболее характерными режимами работы каждого типа машин при выполнении ими функциональных задач.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов М. И. О системе «машины – лесная среда» // Повышение эффективности работы машин лесозаготовительной промышленности и лесного хозяйства: Межвуз. сб. науч. тр. / СПбЛТА. СПб, 1997. С. 60-66.
2. Куликов М. И., Шегельман И. Р. Об экологической совместимости двигателей лесопромышленных машин с лесной средой // Проблемы освоения нетрадиционных видов сырья: Сб. науч. тр. / КарНИИЛП. Петрозаводск, 1997. С. 16-18.
3. Куликов М. И., Попов Ю. А. Некоторые результаты исследования влияния лесосечных машин на лесную среду // Обоснование параметров и технических решений лесозаготовительных и лесохозяйственных машин и оборудования: Межвуз. сб. науч. тр. / СПбЛТА. СПб, 1998. С. 150-158.