

Э. И. Махлин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭКСТРАКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ КОРНЕВЫХ СИСТЕМ ДЕЙСТВИЕМ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УСИЛИЯ КОРЧЕВАЛЬНОГО АГРЕГАТА

Трассы мелиоративных систем и лесных дорог, на которых производятся корчевальные работы, весьма различны. Они отличаются древесными породами, степенью заболачиваемости, задернелостью, механическим составом почвы, степенью возобновления, климатическими условиями, количеством пней на гектаре, их возрастом и глубиной залегания, способом распространения корневой системы и др.

Определить силы сопротивления экстракции древесных корневых систем довольно трудно вследствие крайней индивидуализации каждого отдельного древесного корня и тех многообразных факторов, которые оказывают значительное влияние на процесс корчевки.

Но как ни многочисленны факторы, влияющие на сопротивляемость корневой системы древесных пород экстракции, необходимо вывести аналитические формулы, дающие определенную зависимость между внешней силой и внутренними силами сопротивления корневой системы экстракции. Эти сведения нужны для разработки новых конструкций рабочих органов (как активного, так и пассивного типа) корчевальных машин. В данной работе предлагается частичное решение названного вопроса, в частности, рассматривается зависимость сил сопротивления экстракции древесной корневой системы от глубины ее залегания, диаметра главного пня, типа почвы и ее влажности, а также внутренних напряжений при действии горизонтального усилия корчевального агрегата. Величина и характер изменения сопротивления при взаимодействии рабочих органов с многокомпонентной средой зависят от факторов, которые могут быть подразделены на три группы: 1) физико-механические характеристики рабочей среды; 2) геометрические параметры и конструктивные особен-

ности периметра главной части рабочего органа; 3) технологические факторы, определяющие условия и способ осуществления процесса корчевки.

К первой группе относятся: угол внешнего трения почвы и древесной корневой системы по поверхности рабочего органа (по металлу), угол внутреннего трения; объемный вес, плотность и влажность среды, влажность древесины, степень задержания, размеры пня, количество пней на гектаре, глубина проникновения корней в почвогрунт, способ распространения корневой системы в горизонтах почвы, возраст древостоя, порода деревьев, а также типы культур: смешанные или чистые.

Во вторую группу входят: угол резания, угол заострения клинового контура, задний угол, форма сечения головной части рабочего органа, радиус кривизны остова рабочего органа.

К третьей группе относятся: виды корчевки (горизонтальная, вертикальная, комбинированная), способ воздействия рабочих органов на физическое состояние почвы, древесной корневой системы, скорость и частота встречи рабочего органа с древесными корнями, пнем.

В таком технологическом процессе гидролесомелиоративного строительства, как корчевка, при подготовке трасс мелиоративных систем и лесных дорог, лесной средой служит почва и древесные корни — (пни), инструментом — рабочий орган, необходимая для этого процесса механическая энергия получается в двигателе трактора из потенциальной энергии топлива и в виде работы тягового усилия, или работы гидропривода передается рабочим органом, воздействующим на почву и древесные корни своей рабочей поверхностью, при этом происходит разрушение среды. Разрушение обычно происходит непрерывным давлением или ударом.

При воздействии рабочих органов на почву имеют место как упругие, так и остаточные (пластические) деформации. Влажные почвы при определенной степени влажности способны пластично деформироваться. Деформация почвы зависит от состава почвы, степени влажности, задернелости, от вида приложенных нагрузок — статических или динамических, а также от характера их приложения к среде (всестороннее или двухстороннее сжатие и т.д.). Известно, что действие динамических нагрузок (удар) приводит к быстрому нарастанию деформаций.

Для рабочих органов типа "клина" основными видами деформации почв являются сдвиг и обрыв. Вторым компонентом рабочей среды, подвергающимся воздействию рабочих органов, является древесная корневая система.

В работах М.Д. Данилова (1947), И.Н. Рахтеенко (1949), П.С. Погребняка (1949), М.П. Мальцева (1950), И.И. Гордиенко (1952), Солдатов (1955) и других находим подтверждение того, что строение корневой системы древесных пород определяется условиями местопроизрастания, распространение корней древесной растительности в почве зависит от биологических свойств древесных пород и от факторов внешней среды.

В лесах Белоруссии преобладают хвойные породы — по площади 68,2% (сосна — 57,9, ель — 10,3). Наиболее ценные твердолиственные породы занимают 4,9% (в том числе дуб — 4,6); на долю мягколиственных пород падает 26,9% (береза — 13,6; ольха — 9,5 и осина — 3,8). Для разрешения ряда вопросов при изучении взаимодействия рабочих органов с корневой системой необходимо иметь точное представление о величине подземной части древостоя.

В чистых культурах сосна имеет главный корень в виде редьки длиной 60—70 см. От него во все стороны отходят горизонтальные корни.

Длина вертикальных корней находится в обратном отношении к глубине залегания почвенной воды, т.е. чем ближе последняя, тем короче вертикальные корни и наоборот.

В исследованиях А. Томского (1905) отмечено отношение горизонтальных корней к вертикальным 7:8 (для сосны в возрасте 115 лет), а для сосны в возрасте 32 года это отношение равно 2:3. Причем средняя длина наибольшего вертикального корня — 146 см, а горизонтального 716 см для первой сосны, для второй сосны соответственно — 70 и 373 см.

Корневая система ели в чистых культурах имеет резко выраженную корневую систему. Вертикальная система корней у ели развита слабо.

Исследованиями И.Н. Елагина и В.Н. Мина (1952) и В.С. Шумакова (1949) отмечено, что дуб образует густую горизонтальную сеть из крупных и мелких корней, при этом основная масса корней размещается до глубины 60 см, а в более глубоких подгоризонтах почвы количество их не превышает 20%.

На сопротивление экстракции оказывает значительное влияние, кроме таких известных факторов, как глубина залегания и степень распространения древесной корневой системы, форма и диаметр главного пня, его жесткость, еще и внутренние напряжения древесных тканей, которые обуславливают необходимую динамическую и статическую устойчивость деревьев против

внешних воздействий, в том числе и механических. Эти внутренние напряжения обусловлены тем, что наружные ткани корней оказываются растянутыми, а внутренние сжатыми.

Внутренние напряжения вызваны воздействием внешней среды физическим, химическим и механическим путем на протяжении десятков сотен лет. По своей величине внутренние напряжения различны в зависимости от породы древостоя, чем можно объяснить не одинаковую сопротивляемость экстракции древесной корневой системы разных пород при прочих равных условиях.

Различие сил сцепления с почвой древесной корневой системы и инородного тела (например, деревянной сваи) при прочих равных условиях также объясняется наличием внутреннего напряжения у древесной корневой системы.

Эти внутренние напряжения в древесной корневой системе в момент экстракции "пытаются" привести систему (почва — корень — рабочий орган) в равновесие, оказывая некоторое сопротивление силам, нарушающим равновесие.

Исследование проводилось применительно к сосновым пням свежей зимней рубки на двух участках. На одном участке почва — лесной суглинок, на другом — песчаная почва.

На вырубке нами зарегистрирована влажность горизонта 0—5 см — 11,5%; 10—20 см — 7,5%; 40—50 см — 5,3%, а температура почвы горизонта 0—5 см — 15,7°; 10—20 см — 13,1°; 40—50 см — 13,5°.

Экспериментальный корчевальный агрегат состоит из следующих основных узлов: рабочих органов, опорной платформы, гидропривода и навесного устройства, которое крепится к раме трелевочного трактора при помощи пальцев и болтов. Головная часть органа состоит из клина с заострением по внешней рабочей поверхности. Остов рабочих органов может поворачиваться вокруг своей оси, находящейся на опорной платформе, при помощи гидроцилиндров.

Следует отметить, что на данном этапе работы рассматривался только один вид корчевальных работ — горизонтальный, который заключался в заглублении рабочих органов в почву, затем под главный корень (пень) и сдвиганием пня толкающим усилием агрегата.

При работе по этому виду корчевки тракторист устанавливает агрегат с приподнятыми рабочими органами и платформой к корчуемому пню, и на расстоянии примерно 3 м от него опускает корчевальное устройство.

Включалась первая передача, и трактор с одновременным заглублением рабочих органов начал движение. Следует отметить, что этим агрегатом можно заглублять рабочие органы под пень также гидроприводом корчевального устройства при стоящем на месте тракторе. Опорная платформа при полном заглублении рабочих органов опирается на почву.

Рабочие органы при дальнейшем движении агрегата к пню врезаются в почву и подходят под корневую систему. После контакта рабочего органа с пнем под действием горизонтального напорного усилия агрегата начинается процесс корчевки.

При экстракции пня вначале обрываются, оставаясь в почве, лишь более тонкие, отдельно расположенные конечные корни. Более толстые, прочные корни, преодолевая силу сцепления и трения почвы, выходят на поверхность вместе с увлекаемым комом земли.

В начале первого периода корчевки силы сопротивления экстракции корневой системы постепенно увеличиваются от нуля до некоторой величины, что объясняется внутренним напряжением древесной корневой системы, оказывающим противоположное действие силам экстракции. После преодоления равновесия действующих сил сопротивление нарастает довольно быстро, достигая некоторого максимума, и затем постепенно спадает до некоторой постоянной величины, определяемой лишь массой главного корня с его корневой системой и увлекаемым комом земли. Результирующую силу сопротивления экстракции древесной корневой системы определяем путем тензометрирования горизонтальных и вертикальных их составляющих, действующих в шарнирах рабочих органов корчевального устройства. При этом тензометрические узлы представляли в основном двухопорную балку, работающую на изгиб и имеющую вид шарнирного пальца, в котором выфрезерованы 4 канавки под наклейку тензодатчиков сопротивления.

Обработку экспериментальных данных начнем с построения графиков, которые являются наглядными и удобными способами представления опытных данных.

На рис. 1 в прямоугольной системе координат с равномерными шкалами построена зависимость между силой сопротивления экстракции (при горизонтальном способе корчевки) и диаметром пня, единственного элемента, видимого на дневной поверхности почвы по данным опытов. Анализ графика и сущность изучаемого явления показывают, что эта зависимость хорошо аппроксимируется функцией

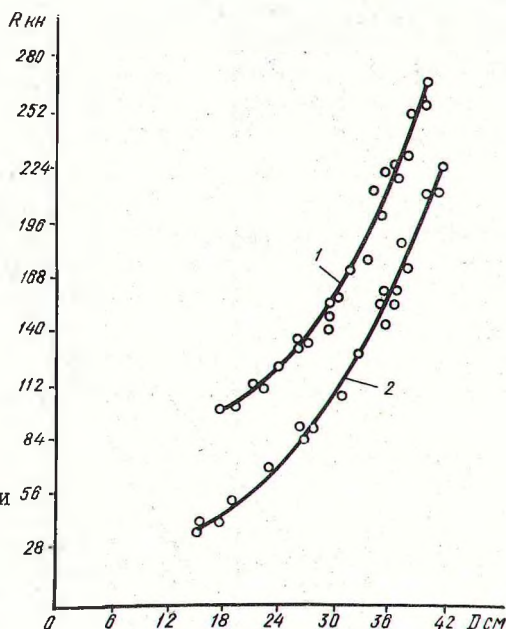


Рис. 1 График зависимости силы сопротивления экстракции от диаметра пня: 1 — почва — суглинок; 2 — почва — песок.

$$R = AD^B, \quad (1)$$

где R — сила сопротивления экстракции древесной корневой системы, кН; D — диаметр главного корня (пня) в см; A и B — постоянные коэффициенты.

Следует отметить, что при определении неизвестных коэффициентов исследуемого уравнения нужно стремиться привести уравнение к более простому виду, к примеру, преобразовав его в уравнение прямой. Для вычисления числовых значений коэффициентов A и B , входящих в уравнение (1), его преобразуем путем логарифмирования в уравнение прямой линии

$$\lg R = B \lg D + \lg A$$

При этом не будет лишним подчеркнуть, что для определения числовых значений коэффициентов нужно брать не самые числа, а их логарифмы. Значения логарифмов наносим на график в прямоугольных координатах, у которых по оси абсцисс отложены $\lg D$, а по оси ординат — $\lg R$.

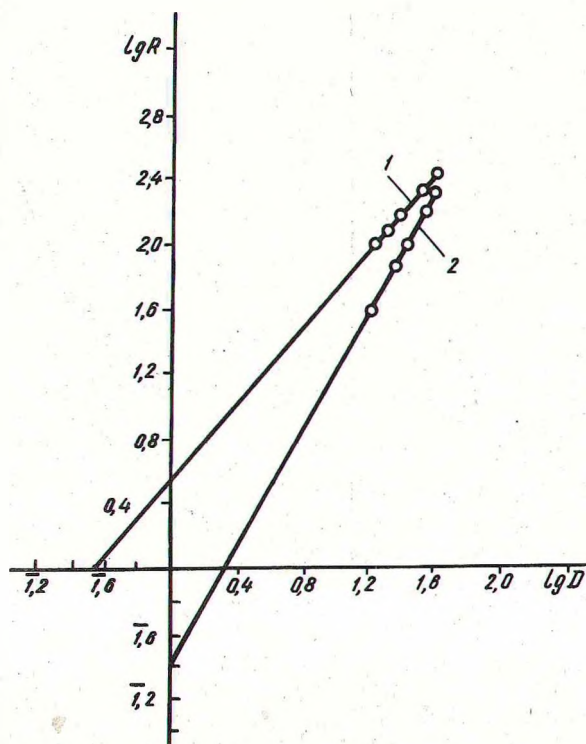


Рис.2. График зависимости значения логарифмов силы сопротивления экстракции от диаметра пня при применении логарифмических координат: 1 — почва — суглинок; 2 — почва — песок.

На графике рис.2 зависимость получилась в виде прямой линии, поэтому обратимся к простейшему приему нахождения коэффициентов прямой.

Как известно, уравнение прямой, проходящей через две точки, имеет следующий вид:

$$\frac{\lg R - \lg R_1}{\lg R_2 - \lg R_1} = \frac{\lg D - \lg D_1}{\lg D_2 - \lg D_1},$$

где $\lg R_1$ и $\lg D_1$ — координаты одной точки; $\lg R_2$ и $\lg D_2$ — координаты второй точки.

При почти идеальной прямой выбор точек не имеет особого значения, можно взять любые две точки, например первую и шестую.

Подставив значение координат в уравнение прямой и проведя соответствующие преобразования, получим значения логарифмов в соответствующих им числах (при помощи десятичных логарифмов и антилогарифмов), которые будут представлять собой искомые коэффициенты.

Следует подчеркнуть, что эти коэффициенты можно найти другим способом. Для этого нужно построить график зависимости сил сопротивления экстракции древесной корневой системы от диаметра главного корня на бумаге с логарифмической шкалой (сеткой) по опытным данным без определения их логарифмов. Полученная на графике линия также весьма близка к прямой, а значения коэффициентов при этом находим методом избранных точек.

Подставив значения коэффициентов в первоначальное уравнение (1), окончательно получаем уравнения кривых для почвы — суглинков и песчаной соответственно:

$$R = 3,63 D^{1,16} ; \quad (2)$$

$$R = 0,025 D^{1,84} . \quad (3)$$

Для оценки пригодности данных уравнений сравниваем экспериментальные данные с данными, полученными по выше принятым уравнениям. Результаты сравнений показывают, что расхождения значений R , вычисленных по формулам (2, 3), со значениями, полученными в процессе проведения опытов, не превышают 3%, что вполне допустимо. Таким образом, предлагаемые уравнения вполне пригодны для практических расчетов.

Л и т е р а т у р а

1. Албьяков М.П. Новая технология машины и орудия по возобновлению леса на вырубках с избыточным увлажнением почв. М., 1963.
2. Албьяков М.П. Механизация работ по возобновлению леса. М., 1966.
3. Будыка С.Х. Основные принципы и методы гидротехнических мелиораций лесов Полесья. — Тр. института леса АН БССР, т. 49, 1959.
4. Будыка С.Х., Тихонов А.Ф. Лесопромышленный справочник. Минск, 1962.
5. Вихров В.Е., Лобасенок А.К. Технические свойства древесины в связи с типами леса. Минск, 1963.
6. Горячкин В.П. Собрание сочинений. М., 1937—1949.
7. Головейко А.Г. Математическая обработка опытных данных. Минск, 1960.
8. Желиговский В.А.

Сборник трудов по земледельческой технике. М., 1954. 9. Зеленин А.Н. Резание грунтов. М., 1959. 10. Леонович И.И. Графики и таблицы для расчета дорожных одежд. Минск, 1968. 11. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М., 1958. 12. Папазов М.Г., Могильный С.Г. Теория ошибок и способ наименьших квадратов. М., 1968. 13. Рахтеенко И.Н. Корневые системы древесных и кустарниковых пород. М., 1952. 14. Рахтеенко И.Н. Рост и взаимодействие корневых систем древесных растений. Минск, 1963. 15. Роговой П.П. Почвы БССР и их использование. Минск, 1949. 16. Турчин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. М., 1959.