

Платонов А.А., Платонова М.А.

РОТОРДУК ЖУМУШЧУ ОРГАН МЕНЕН ОТОО ЧӨПТӨРДҮН ӨЗ АРА АРАКЕТТЕНИШҮҮСҮН МОДЕЛДЕШТИРҮҮНҮН ЖЫЙЫНТЫКТАРЫ

Платонов А.А., Платонова М.А.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РОТОРНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА С НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ И ПНЯМИ

A.A. Platonov, M.A. Platonova

THE RESULTS OF THE SIMULATION OF INTERACTION OF ROTARY WORKING BODY OF UNWANTED VEGETATION AND STUMPS

УДК: 630*323.13

Макалада темир жол инфраструктураларынын манипулятордук шаймандары бар машиналардын жардамы менен отоо чөптөрдү жоготуу маселеси каралат. Өсүмдүктүн сөңгөгүнүн диаметрин эске алуу менен, «кыркуунун эндүүлүгү» (жазылыгы) деген түшүнүк сунушталат. Ротордук жумушчу орган менен ичке жаши бутактардын өз ара аракеттенишүүсүнүн динамикалык көрсөткүчтөрүнүн графикалык көз карандылыгы келтирилген. Жаши бутакты кесүү сапатына бир катар кирүү параметрлеринин таасири жөнүндө жыйынтыктар чыгарылган.

Негизги сөздөр: темир жол, отоо чөптөр, манипулятор, жумушчу орган, өз ара аракеттенишүү.

В статье рассматриваются вопросы удаления нежелательной растительности с объектов инфраструктуры железных дорог машинами с манипуляторными установками. Предложено понятие «ширина резания», определяемое с учётом диаметра ствола поросли и наибольшего размера проекции её кроны на режущую кромку рабочего органа. Приведены графические зависимости динамических параметров взаимодействия роторного рабочего органа с тонкомерной порослью, сделаны выводы о влиянии ряда входных параметров на качество среза поросли.

Ключевые слова: железная дорога, нежелательная растительность, манипулятор, рабочий орган, взаимодействие.

This article discusses the removal of unwanted vegetation from the objects of infrastructure of railways machines with manipulator. Proposed by the concept of «cutting width», is determined by taking into account the diameter of the barrel undergrowth and the largest dimension of the projection of her crown at the cutting edge of the working body. Are shown graphic dependences the dynamic parameters of interaction rotary of the working body with small diameter undergrowth, draw conclusions about the impact of a number of input parameters on the quality of the cut undergrowth.

Key words: railway, unwanted vegetation, manipulator working body, interaction.

В настоящее время для мировой сети железных дорог продолжает оставаться актуальной проблема удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности (НДКР) с полосы отвода [4]. Характерной особенностью НДКР является способность многих видов деревьев и кустарников заселять новые территории и расти на них даже при самых

неблагоприятных экологических условиях. К основным качествам, «благодаря» которым определённые виды деревьев и кустарников становятся сорняками, относятся высокая семенная продуктивность, приспособленность семян к переносу ветром, водой или птицами на большие расстояния от материнского растения, способность размножаться вегетативным путем и выживать не только при повреждениях, но и при полном удалении надземной части.

Учитывая это, в мировой практике к настоящему времени разработано несколько методов борьбы с НДКР [1]. При этом анализ объёмов работ по очищению железнодорожных путей показал, что на сегодняшний момент на долю ручного и механизированного методов приходится более 50% трудовых затрат. В тоже время, в соответствии с [2], при проведении подобных работ необходимо стремиться к максимальному использованию средств механизации, так как это в значительной степени повышает производительность труда, сокращает сроки выполнения работ и в конечном итоге снижает их себестоимость.

Из анализа исследований параметров существующих технических устройств для удаления НДКР в полосе отвода железных дорог следует, что наиболее перспективными являются машины, снабжённые манипуляторной установкой, на свободном конце которых установлен рабочий орган (режущая головка, диск и т.д.). При этом, несмотря на то, что существует достаточно много работ, посвящённых манипуляторным установкам, рабочие процессы подобного технологического оборудования к настоящему времени недостаточно исследованы, и нет чёткого представления о том, какими должны быть параметры манипулятора и рабочего органа для качественного удаления нежелательной растительности в полосе отвода железных дорог.

В 2014 г. в рамках исследования кинематики и динамики малозвенных механизмов лесных машин, поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ), была создана математическая модель взаимодействия роторного рабочего органа, управляемого малозвенным манипулятором, с нежелательной древесно-кустар-

никовой растительностью и пнями [3], а также построен ряд графических зависимостей.

В частности, при анализе динамического взаимодействия роторного рабочего органа с тонкомерной порослью было установлено, что в реальных условиях срезания растительности ось вращения ротора и ось поросли перекрещиваются, находясь на переменном расстоянии Δ . Если рассмотреть поросль как консольную балку, жёстко заделанную одним концом, то можно отметить, что под действием внешних сил, расположенных в силовой плоскости, её ось искривляется в той же плоскости. При этом все точки оси также перемещаются, в частности, точка контакта поросли с резцом отклоняется под воздействием резца ротора в направлении его вращения на расстояние W , изменяющееся при срезании поросли:

$$w = \frac{0,00035 \cdot b_e \cdot t_e \cdot S_z \cdot z \cdot n_r \cdot h_{\tilde{n}\delta}^3 \cdot \left(k + \frac{\alpha_p \cdot P}{d_{cp}} \right) \cdot a_i \cdot \dot{a}_w}{E \cdot \pi \cdot d_{\tilde{n}\delta}^4 \cdot V_{\dot{a}}}, \text{ мм}$$

где t_e – глубина срезания поросли, мм; S_z – подача на один резец ротора, мм/резец; z – число резцов ротора; n_r – частота вращения ротора, об/мин; h_{cp} – высота среза поросли, м; k – касательное давление срезаемого слоя на переднюю поверхность резца, Н/мм²; δ – фиктивная сила резания, Н/мм; $d_{\tilde{n}\delta}$ – средний диаметр срезаемого слоя растительности, мм; α_δ – коэффициент затупления резца; \dot{a}_i – коэффициент учёта породы растительности; \dot{a}_w – коэффициент влажности древесины; E – модуль упругости материала поросли, Н/мм²; $V_{\dot{a}}$ – скорость результирующего движения.

Анализ зависимости отклонения точки контакта поросли с резцом ротора W от высоты среза поросли h_{cp} при изменении ширины резания b_e показал (рис. 1), что в пределах одного значения b_e отклонение поросли от вертикального положения с возрастанием h_{cp} ожидаемо увеличивается. При этом при малых значениях ширины резания, соответствующих контакту ограниченной части режущей кромки с порослью, отклонение нежелательной растительности от вертикали невелико. С возрастанием контакта режущей кромки с порослью, соответствующей взаимодействию рабочего органа преимущественно с ветками нежелательной растительности, наблюдается резкое возрастание отклонения поросли от вертикали, что может привести к ухудшению качества среза с изломом порослевин.

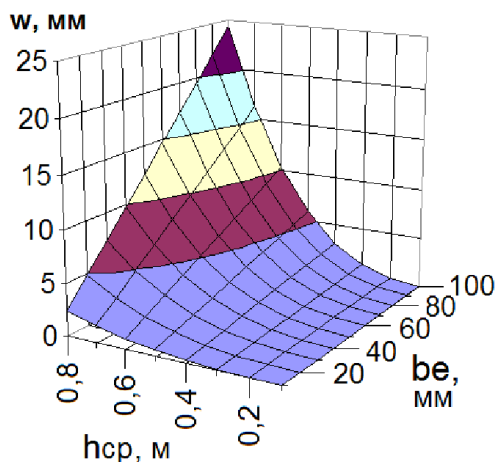


Рисунок 1 - Зависимость отклонения точки контакта поросли W от высоты среза поросли h_{cp} при изменении ширины резания b_e .

Величина отклонения точки контакта поросли с резцом ротора w от высоты среза h_{cp} зависит и от породы поросли (рис. 2, а). Так, наибольшее отклонение при возрастании высоты среза наблюдается у дуба, что объясняется большими удельными силами резания по сравнению с более мягкими листовыми породами (например, липой). Данное обстоятельство позволяет при необходимости увеличивать ширину взаимодействия режущей кромки ротора с порослью.

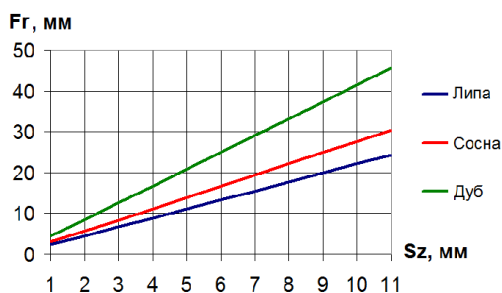
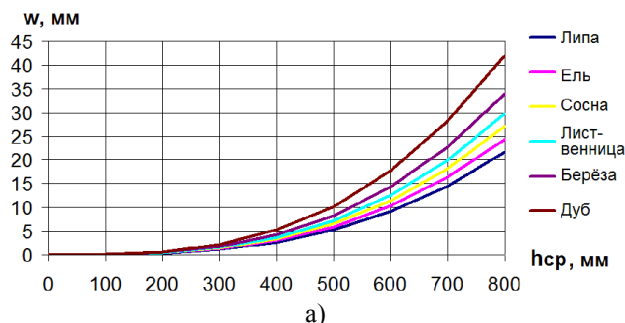


Рисунок 2 - Зависимости отклонения точки контакта поросли W от высоты среза поросли h_{cp} (а) и окружной силы резания Fr от подачи на один резец ротора Sz (б) при изменении породы поросли.

От породы удаляемой растительности зависит и окружная сила резания F_r (рис. 2, б), при этом в пределах одной породы наблюдается линейная зависимость силы F_r от подачи на один резец ротора S_z .

Анализ зависимости окружной силы резания F_r от глубины реза t_e при изменении ширины резания b_e показал (рис. 3, а), что в пределах одного значения t_e зависимость силы резания F_r от ширины b_e носит линейный характер. При этом в области малых значений глубины реза сила резания возрастает не столь значительно, как при больших значениях t_e . Данное обстоятельство объясняется большей площадью взаимодействия режущей кромки рабочего органа.

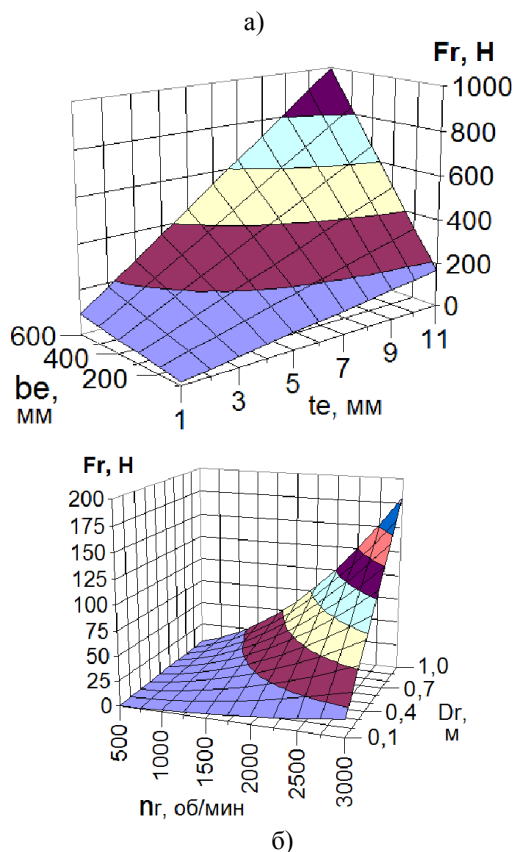


Рисунок 3 - Зависимость окружной силы резания F_r от:
 а) глубины реза t_e при изменении ширины резания b_e
 б) частоты вращения вала ротора n_r при изменении диаметра ротора D_r .

Анализ зависимости окружной силы резания F_r от частоты вращения вала ротора n_r при изменении диаметра ротора D_r показал (рис. 3, б), что при малых значениях частоты вращения сила резания практически не зависит от диаметра ротора, увеличиваясь лишь незначительно. В тоже время, с повышением частоты вращения n_r наблюдается

резкое возрастание силы резания при увеличении диаметра ротора D_r .

Таким образом, моделирование динамического процесса взаимодействия роторного рабочего органа с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью и пнями в полосе отвода железных дорог позволило сделать следующие выводы.

Возрастание контакта режущей кромки ротора с порослью, соответствующей взаимодействию рабочего органа преимущественно с ветками нежелательной растительности, приводит к резкому увеличению отклонения тонкомерной поросли от вертикали (на 25...35 мм и более), что оказывает влияние на качество среза с возможностью излома порослевин.

При срезе поросли наименьшее её отклонение от вертикали при повышении высоты среза наблюдается для мягких лиственных пород, что позволяет при необходимости увеличивать ширину взаимодействия режущей кромки ротора с порослью.

При динамическом взаимодействии роторного рабочего органа с тонкомерной порослью ширина такого взаимодействия по режущей кромке может быть в 100...120 раз меньше ширины рабочего органа. Предложено использовать понятие «ширина резания», определяемого с учётом диаметра ствола поросли и наибольшего размера проекции её кроны на режущую кромку рабочего органа.

С увеличением подачи на один резец ротора окружная сила резания линейно возрастает, при этом наибольшая окружная сила наблюдается для твёрдых лиственных пород.

Увеличение глубины реза приводит к значительному возрастанию окружной силы, особенно в области больших значений ширины резания. Для уменьшения окружной силы (и, как следствие, чрезмерного отклонения поросли от вертикали) целесообразно проводить удаление поросли при глубине резания 3...5 мм.

При малых значениях частоты вращения ротора (500 ... 700 об/мин) сила резания практически не зависит от диаметра ротора, увеличиваясь лишь незначительно.

В целом, основным преимуществом проведённых аналитических исследований малозвенного манипулятора лесных машин является то, что они позволяют получить ряд важнейших практических рекомендаций более общего характера, имеющего силу не только для проектируемого манипулятора, но и для целой системы машин, обладающих определёнными общими свойствами. Полученная математическая модель эффективно описывает процесс удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности и пригодна как для поросли, так и для пней и почвы.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-38-50524 мол_нр.

Литература:

1. Казанский В.Д. Способы борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой растительностью при эксплуатации автомобильных дорог / В.Д. Казанский // Автомоб. дороги: Обзорн. информ. Вып. № 4. – М.: Информавтодор, 1987. – 65 с.
2. Перспективы обновления парка путевой техники // Евразия-Вести: транспорт. газета.– 2015.– №7.– С. 19.
3. Платонова М.А. Математическое описание рабочей зоны малозвенных манипуляторов / М.А. Платонова, А.А. Платонов, М.В. Драпалюк // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции. – Воронеж, 2015. – № 9, ч. 2 (20-2). – с. 365-369.
4. Приказ Министерства путей сообщения РФ № 26Ц «Об утверждении Положения о порядке использования земель федерального железнодорожного транспорта в пределах полосы отвода железных дорог» от 15.05.1999. – Зарегистрирован Минюст РФ от 27 июля 1999 г. № 1848.

Рецензент: д.т.н., профессор Попиков П.И.
