

ИССЛЕДОВАНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ РЫЧАГА ДИНАМИЧЕСКОГО ЛУНКООБРАЗОВАТЕЛЯ ПРИ ПОСАДКЕ ЛЕСА

Родионов А.В.

Петрозаводский государственный университет

Представлены результаты оценки нагруженности основного рабочего органа динамического лункообразователя – рычага с шарнирно закрепленной на его конце иглой – при восстановлении леса на нераскорчеванных вырубках с каменистыми почвами. Рассмотрены возможные ситуации: удар рычага о пень, удар иглой о камень, удар иглой о почву при образовании лунки. Установлено, что при работе лункообразователя типа Л-2У (с двухплечим рычагом) наибольшие напряжения в рычаге возникают при ударе иглой о камень. При работе лункообразователя типа Л-2М (с одноплечим рычагом) наибольшие напряжения в рычаге возникают при ударе рычага о пень. Нагруженность одноплечего рычага меньше, чем двухплечего. Рычаг лункообразователя рекомендуется изготавливать из низколегированных сталей.

Ключевые слова: нагруженность, рычаг, динамический лункообразователь, посадка леса.

Для механизации подготовки посадочных мест (лунок) для посадки семян и/или саженцев при восстановлении леса на нераскорчеванных вырубках с каменистыми почвами в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) под руководством профессора А. М. Цыпука разработан динамический лункообразователь [1, 2] – см. рис. 1, 2.

Теоретическое обоснование проектных параметров динамического лункообразователя выполнено в работах [4–7], однако до настоящего времени не уделялось достаточного внимания вопросам нагруженности основных элементов этой машины – качающихся рычагов (см. рис. 2).

При переходе от испытаний к производственной эксплуатации имели место непредвиденные поломки машин при взаимодействии с препятствиями (удары о камни, пни) на вырубках, что затрудняет внедрение лункообразователей в производство [8].

Таким образом, исследование нагруженности рычага динамического лункообразователя при посадке леса является актуальным.

С целью оценки нагруженности основного рабочего органа динамического лункообразователя – рычага с шарнирно закрепленной на его конце иглой – при восстановлении леса на нераскорчеванных вырубках с каменистыми почвами, была разработана и апробирована оригинальная методика расчетов с использованием программы для ПЭВМ в среде «Maple», основные положения которой изложены в работах [9–12].

При разработке указанной методики учитывалось, что рычаг лункообразователя в процессе его соударения с неподвижным препятствием (пнем, камнем) деформируется, совершая поперечные колебания (движения). При этом в рычаге возникают

изгибающие моменты и соответствующие напряжения, которые могут вызвать его деформирование (изгиб) и разрушение.

Деформация рычага при соударении с препятствием допускается только в пределах упругости. Если превысить этот предел, то пластическая деформация приведет к изменению геометрических параметров рычага (т. е. он погнется), при этом изменится кинематика рабочего органа и ухудшится качество лунок.

Для целей проектирования важно знать коэффициенты динамичности при упругих ударах рычагом о неподвижное препятствие, которое можно рассматривать как абсолютно жесткое (камень) или как препятствие, в котором часть энергии удара рассеивается при его упругой деформации рычагом (пень).

При работе на нераскорчеванных вырубках возможны следующие ситуации соударения рычага лункообразователя с препятствиями:

1) соударение иглы на конце рычага с камнем (принимаем коэффициент жесткости камня $k_s^{кам} = 75 \cdot 10^6$ Н/м [8]);

2) соударение рычага с пнем на расстоянии 0,5 м от оси вращения (принимаем коэффициент жесткости пня $k_s^{пня} = 35 \cdot 10^6$ Н/м [10]);

3) соударение иглы на конце рычага с почвой (принимаем коэффициент жесткости гумусной почвы при внедрении в нее иглы $k_s^{пч} = 19,5 \cdot 10^3$ Н/м, для минеральной почвы – $k_s^{пч} = 95,3 \cdot 10^3$ Н/м [13]).

По конструктивным соображениям (величина воспринимаемых нагрузок и необходимость размещения внутри данного элемента машины ползуна), рычаг лункообразователя Л-2У (см. рис. 1, 2) изготавливается как двухплечий, коробчатого сечения, сварной из двух швеллеров № 12 (по ГОСТ 8240-



а



б

Рис. 1. Агрегат в составе лункообразователя Л-2У и трактора ЛХТ-55:
а – общий вид агрегата; б – работа агрегата на вырубке

Источник: [3]

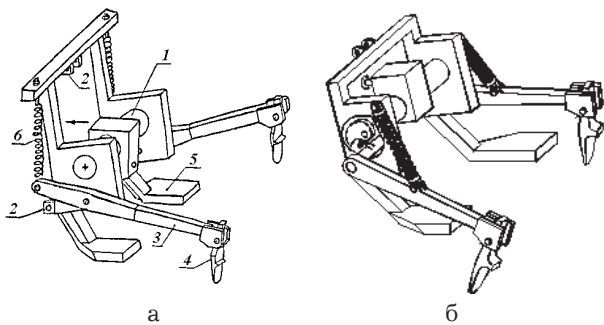


Рис. 2. Общий вид динамического лункообразователя: а – лункообразователь типа Л-2У; б – лункообразователь типа Л-2М; 1 – остов, 2 – навесное устройство, 3 – качающийся рычаг, 4 – игла, 5 – лыжеобразный полз, 6 – пружина

Источник: [2, 3]

97), материал сталь 5 [5]. Момент инерции поперечного сечения равен $608 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$, погонная масса 37,7 кг/м. Коэффициент жесткости шарнирного крепления рычага к остоу Л-2У k_s^{on} составляет $175 \cdot 10^6 \text{ Н/м}$. Длины хвостовой, средней и передней части рычага равны соответственно 0,48; 0,51 и 0,75 м.

В результате расчетов по методике [9–12] установлено, что при работе лункообразователя типа Л-2У (с двуплечим рычагом) наибольшие напряжения в рычаге возникают при ударе иглой на конце рычага о камень. Напряжение будет равно $\sigma = 275,9 \text{ МПа}$, что больше допускаемого напряжения на изгиб углеродистой стали 5 (200 МПа), но меньше, чем предел ее прочности $\sigma_B = 500...620 \text{ МПа}$ (для легированных сталей $\sigma_B = 800...1000 \text{ МПа}$ [14]) – см. рис. 3, 4. Коэффициент динамичности $k_{din} = 465$.

При ударе иглой на конце рычага Л-2У о наиболее твердую, минеральную почву коэффициент динамичности равен $k_{din} = 22$, напряжение изгиба $\sigma = 12,8 \text{ МПа}$, что не превышает допускаемое напряжение на изгиб углеродистой стали 5 (200 МПа) [14] – см. рис. 5, 6.

Коэффициент перегрузки материала рычага (определяется как отношение коэффициента динамичности при соударении иглы на конце рычага с камнем к аналогичному коэффициенту при соударении с почвой) составляет $k_{пер} = 21$.

В динамическом лункообразователе типа Л-2М предусмотрен одноплечий рычаг, то есть без хвостовой части (см. рис. 2). В этом случае длина рычага равна 1,26 м, другие характеристики рычага остаются без изменений.

В результате расчетов по методике [9–12] установлено, что при ударе иглой на конце рычага Л-2М о камень коэффициент динамичности равен $k_{din} = 191$, напряжение изгиба $\sigma = 187,8 \text{ МПа}$, что не превышает допускаемого напряжения на изгиб углеродистой стали 5 (200 МПа) и меньше, чем предел ее прочности $\sigma_B = 500...620 \text{ МПа}$ [14] – см. рис. 7, 8.

При ударе иглой на конце рычага Л-2М о минеральную почву коэффициент динамичности равен $k_{din} = 49$, напряжение изгиба $\sigma = 49,7 \text{ МПа}$, что не превышает допускаемое напряжение на изгиб углеродистой стали 5 (200 МПа) [14] – см. рис. 9, 10. Коэффициент перегрузки материала рычага составляет $k_{пер} = 4$, что гораздо ниже, чем в случае лункообразователя Л-2У.

Таким образом, изменение конструкции рабочего органа – от рычага первого рода к рычагу второго рода – снижает металлоемкость машины, исключает утыкания коротким плечом в препятствия, уменьшает коэффициент динамичности при ударах рабочего органа о препятствия в почве.

Полученные в работе результаты расчетов согласуются с данными выполненными ранее экспериментальными исследованиями [5–8].

Относительно высокие значения коэффициентов динамичности при соударениях (77...465) по сравнению с конструкциями, работающими в безударных режимах (не более 10) [15], показывают, насколько эффективно используется масса машины для совершения работы.

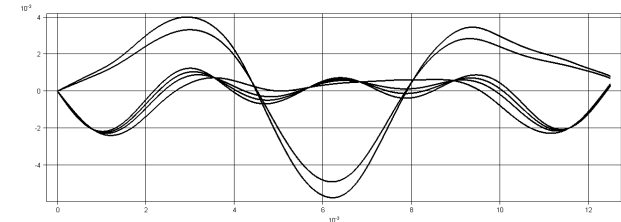


Рис. 3. Зависимость перемещений точек хвостовой (короткие) и передней (длинные волны) частей рычага от времени при соударении иглы рычага Л-2У с камнем

По оси ординат – перемещение в метрах, по оси абсцисс – время в секундах

Источник: разработка автором по источникам [9–12]

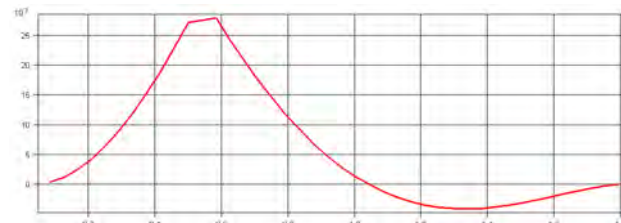


Рис. 4. Изменение величины изгибающего момента по длине рычага при соударении иглы рычага Л-2У с камнем

По оси ординат – момент в ньютон-метрах, по оси абсцисс – расстояние от левого торца хвостовой части рычага в метрах; $M_{max} = 27917,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Источник: разработка автором по источникам [9–12]

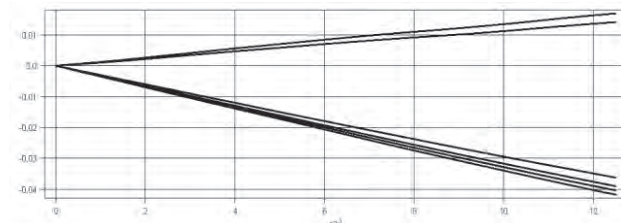


Рис. 5. Зависимость перемещений точек хвостовой (короткие) и передней (длинные волны) частей рычага от времени при соударении иглы рычага Л-2У с минеральной почвой

По оси ординат – перемещение в метрах, по оси абсцисс – время в секундах

Источник: разработка автором по источникам [9–12]

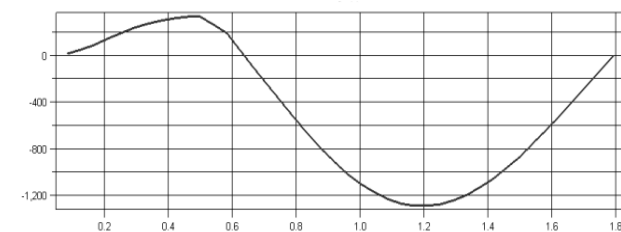


Рис. 6. Изменение величины изгибающего момента по длине рычага при соударении иглы рычага Л-2У с минеральной почвой

По оси ординат – момент в ньютон-метрах, по оси абсцисс – расстояние от левого торца хвостовой части рычага в метрах; $M_{max} = 1290,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Источник: разработка автором по источникам [9–12]

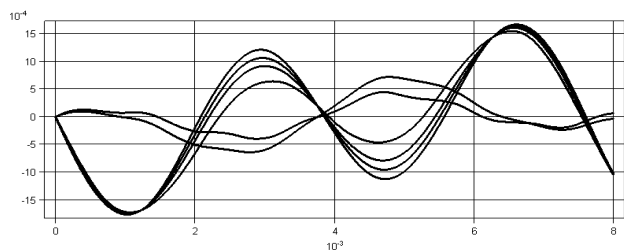


Рис. 7. Зависимость перемещений точек хвостовой (короткие) и передней (длинные волны) частей рычага от времени при соударении иглы рычага Л-2М с камнем

По оси ординат – перемещение в метрах, по оси абсцисс – время в секундах

Источник: разработка автором по источникам [9–12]

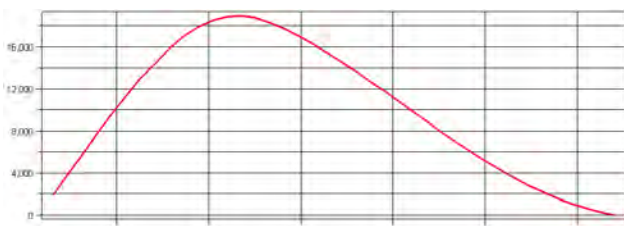


Рис. 8. Изменение величины изгибающего момента по длине рычага при соударении иглы рычага Л-2М с камнем

По оси ординат – момент в ньютон-метрах, по оси абсцисс – расстояние от оси вращения рычага в метрах; $M_{max} = 19009,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Источник: разработка автором по источникам [9–12]

При использовании ударов с целью выполнения работы, к материалам рабочих органов необходимо предъявлять повышенные требования, отдавая предпочтение легированным сталям, в 1,5...2 раза превышающим углеродистые стали по пределам прочности.

С учетом условий работы рычаг динамического лункообразователя рекомендуется изготавливать одноплечим (как у лункообразователя Л-2М) из низколегированных сталей (например, сталь 20ХГСА – применяется для изготовления гидро-

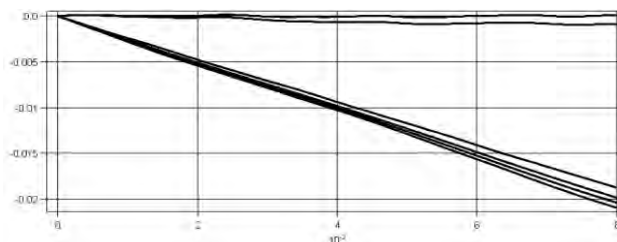


Рис. 9. Зависимость перемещений точек хвостовой (короткие) и передней (длинные волны) частей рычага от времени при соударении иглы рычага Л-2М с минеральной почвой

По оси ординат – перемещение в метрах, по оси абсцисс – время в секундах

Источник: разработка автором по источникам [9–12]

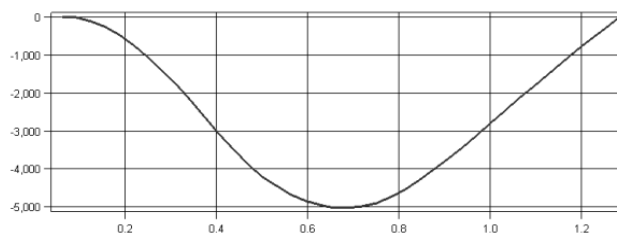


Рис. 10. Изменение величины изгибающего момента по длине рычага при соударении иглы рычага Л-2М с минеральной почвой

По оси ординат – момент в ньютон-метрах, по оси абсцисс – расстояние от левого торца хвостовой части рычага в метрах; $M_{max} = 5024,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Источник: разработка автором по источникам [9–12]

манипуляторов лесных машин; предел текучести – 640 МПа, предел прочности – 780 МПа).

Дальнейшее исследование нагруженности рычага динамического лункообразователя при посадке леса рекомендуется вести в направлении изучения характера распределения напряжений по длине и сечению рычага с целью обоснования наиболее рационального профиля сечения рычага, с применением программных систем компьютерного моделирования и инжиниринга (CAE-системы).

Список литературы:

1. Цыпук, А. М. Применение лункообразователя Л-2У в лесовосстановлении [Текст] / А. М. Цыпук, А. В. Родионов, А. Э. Эгипти // Лесное хозяйство. – 2006. – № 1. – С. 42–43.
2. Пат. на полезную модель 56766, МПК А01 С 5/04. Ямокопатель [Текст] / А. М. Цыпук, А. Э. Эгипти, О. Б. Марков, А. В. Родионов; ПетрГУ. – № 2006115848/22; заявл. 11.05.2006; опубл. 27.09.2006, Бюл. № 27. – 2 с.
3. Родионов, А. В. Рекомендации по восстановлению леса на вырубках с использованием лункообразователя Л-2У [Текст] / А. В. Родионов, А. И. Соколов, В. А. Харитонов, А. М. Цыпук, А. Э. Эгипти; ПетрГУ – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. – 52 с.
4. Разработка и внедрение в производство орудий Л-2 для двухрядного приготовления посадочных лунок: Отчет о НИР (промежуточ.) [Текст] / ПетрГУ; рук. А. М. Цыпук. – № ГР 01828067337. – Петрозаводск, 1985. – 109 с.
5. Цыпук, А. М. Повышение эффективности лесовосстановительных работ ресурсосберегающей технологией: Дис. ... д-ра техн. наук [Текст] / А. М. Цыпук; ПетрГУ. – СПб., 1996. – 299 с.
6. Марков, О. Б. Обоснование параметров рычажно-кулачкового механизма динамического лункообразователя для посадки лесных культур: Дис. ... канд. техн. наук [Текст] / О. Б. Марков; ПетрГУ. – Петрозаводск, 2006. – 163 с.
7. Марков, О. Б. Исследования и испытания динамического лункообразователя для посадки лесных культур на вырубках [Текст] / О. Б. Марков, А. В. Родионов, А. М. Цыпук, А. Э. Эгипти; ПетрГУ. – Петрозаводск, 2006. – 22 с. – Деп. в ВИНТИ 05.06.2006, № 742–В2006.
8. Внедрение в производство лункообразователя: Отчет о НИР (заключит.) [Текст] / ПетрГУ; рук. А. В. Родионов. – № ГР 02.2.006 04941 от 08.06.2006. – Петрозаводск, 2006. – 33 с.
9. Родионов, А. В. Моделирование балочного элемента лесопосадочной машины как упругой механической системы с распределенной массой при соударениях [Текст] / А. В. Родионов, М. И. Раковская, Г. Н. Колесников // Вестник Поморского университета. – 2006. – № 4. – С. 148–155.
10. Родионов, А. В. Рубка и восстановление леса на основе ресурсосберегающей технологии [Текст] / А. В. Родионов. – М.: Флинта: Наука, 2006. – 276 с.
11. Родионов, А. В. Применение методов математического моделирования в задачах совершенствования технологических процессов на предприятиях лесопромышленного комплекса [Текст] / А. В. Родионов, Г. Н. Колесников, В. В. Поляков и др.; ПетрГУ. – Петрозаводск, 2007. – 161 с. – Деп. в ВИНТИ 19.02.2007, № 147–В2007.

12. Раковская, М. И. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 6860. Моделирование балочного элемента лесохозяйственной машины при поперечном ударе как упругой механической системы с распределенной массой [Текст] / М. И. Раковская, А. В. Родионов, Г. Н. Колесников; заявитель и правообладатель ПетрГУ. – № 50200601619; заявл. 07.09.2006; опубл. 11.09.2006.
13. Родионов, А. В. Оценка нагруженности рычага динамического лункообразователя при посадке леса [Текст] / А. В. Родионов, А. М. Цыпук; Петрозав. гос. ун-т. – Петрозаводск, 2008. – 31 с. – Деп. в ВИНИТИ 14.07.2008, № 610-В2008.
14. Фесик, С. П. Справочник по сопротивлению материалов [Текст] / С. П. Фесик. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Будівельник, 1982. – 280 с.
15. Казак, С. А. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб. пособие для студентов машиностр. спец. вузов [Текст] / С. А. Казак, В. Е. Дугъе, Е. С. Кузнецов и др.; под ред. С. А. Казака. – М.: Высшая школа, 1989. – 313 с.

Rodionov A.V.

Petrozavodsk State University

STUDING STRESS LOADING OF DYNAMIC HOLEMAKER'S LEVER DURING FOREST PLANTING

Summary

Results of estimation of stress loading of the basic operating element of dynamic holemaker – lever with hinged needle on its end – are presented. Possible situations are considered: lever kicks a stump, hinged needle kicks a stone, hinged needle kicks a soil during making a hole. It's found out that during operating of holemaker type L-2U (with double-arm lever) the greatest stress load in the lever arise at needle kicks a stone. During operating of holemaker type L-2M (with single-arm lever) the greatest stress load in the lever arise at lever kicks a stump. Stress loading of single-arm lever is less than a two-armed one. It's recommended to use low-alloy steel to make holemaker's lever.

Keywords: stress loading, lever, dynamic holemaker, forest planting.

УДК 663.252.61:62-492.2:664.68

РОЗРОБКА БОРОШНЯНОЇ І КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ ЛІКУВАЛЬНО-ПРОФІЛАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Чуйко А.М., Чуйко М.М., Дриль М.В., Шейка А.І.

Харківський торговельно-економічний інститут

Київського національного торговельно-економічного університету

Розглянуто доцільність і перспективність використання в якості натуральних барвників порошоків із нетрадиційної рослинної сировини, зокрема, суданської троянди, календули та кропиви, отриманих за криогенною технологією, для покращення органолептичних і фізико-хімічних показників збивних кондитерських виробів, а також для підвищення їх біологічної цінності. Встановлено перспективність використання під час виробництва макаронних виробів глюконату кальцію в кількості 2...5% до маси борошна, що дозволяє раціоналізувати співвідношення у výroбах між Са і Р на користь Са, зменшити тривалість варіння та збільшити привар макаронних виробів, а також покращити їх структурно-механічні властивості.

Ключові слова: крио-барвники, глюконат кальцію, кондитерські вироби, макаронні вироби, борошняна продукція, збивні вироби, якість продукції.

Постановка проблеми. Найважливішим фактором, який обумовлює стан здоров'я сучасної людини, зв'язує її з навколишнім середовищем і впливає на спроможність організму протистояти несприятливим впливам, є харчування. У різноманітному асортименті продуктів харчування на долю борошняних і кондитерських виробів приходить близько 40 %. Це, насамперед, макаронні, хлібобулочні вироби, кондитерські вироби, й інші вироби, споживання яких в усьому світі в загальному обсязі продуктів харчування займає вагоме місце. Будучи енергетично цінними, вони, проте, не задовольняють потреби людини в біологічно активних речовинах і мінеральних елементах. Тому виробництво продукції, що характеризуються підвищеною харчовою і біологічною цінністю з високими споживчими властивостями, є актуальною проблемою для України, яка опинилася в умовах економічної й екологічної криз, особливо після аварії на Чорнобильській АЕС. Ситуація, що створилася, привела до того,

що поряд зі зниженням харчової цінності багатьох борошняних і кондитерських виробів зменшилося споживання основних харчових речовин, вітамінів, мінеральних сполук тощо. Наслідком такого дисбалансу в харчуванні з'явилося збільшення росту цілого ряду захворювань: серцево-судинних, шлункових, онкологічних і інших, що приймає для України загрозливі розміри [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання натуральної сировини рослинного походження в якості барвників для кондитерської продукції має ряд переваг, головною з яких є те, що крім барвних речовин вона містить білкові речовини, вітаміни, мікро- і макроелементи, органічні кислоти, харчові волокна й інші цінні компоненти, що входять у її склад, і знаходяться вони у вигляді природних сполук у тій формі, що краще засвоюється організмом людини. Використанням нетрадиційної рослинної сировини у якості натуральних барвників під час виробництва харчових продуктів