

## 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-



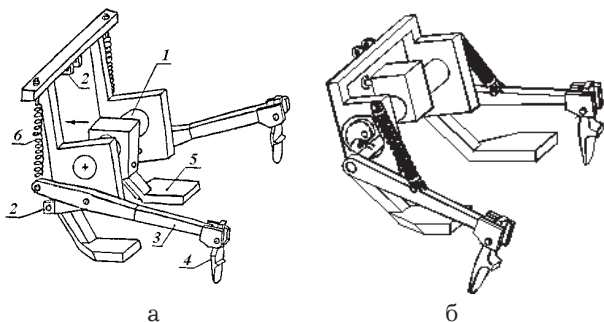
а



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 полоз, 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 допустимого 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 допустимое 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.

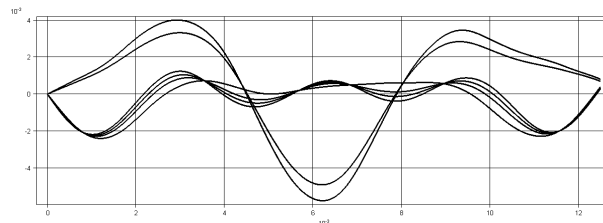
В результате расчетов по методике [9–12] установлено, что при ударе иглой на конце рычага Л-2М о камень коэффициент динамичности равен  $k_{din} = 191$ , напряжение изгиба  $\sigma = 187,8 \text{ МПа}$ , что не превышает допустимого напряжения на изгиб углеродистой стали 5 (200 МПа) и меньше, чем предел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

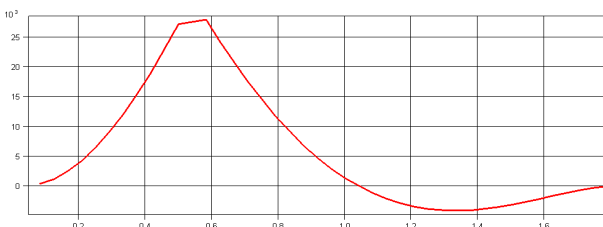
Относительно высокие значения коэффициентов динамичности при соударениях (77...465) по сравнению с конструкциями, работающими в безударных режимах (не более 10) [15], показывают, насколько эффективно используется масса машины для совершения работы.



**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

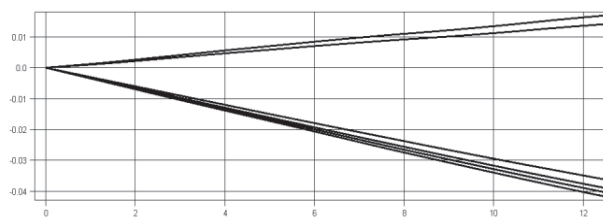
Источник: разработка автором по источникам [9–12]



**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;  $M_{max} = 27917,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$

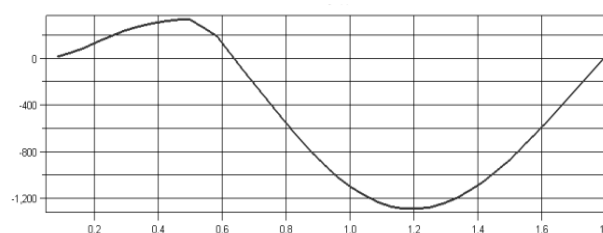
Источник: разработка автором по источникам [9–12]



**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

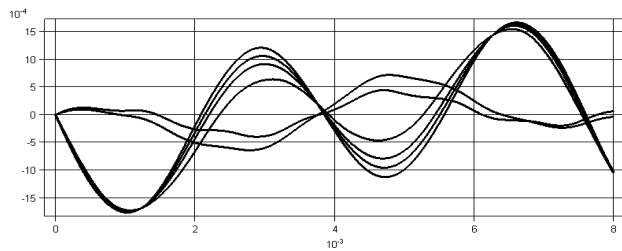
Источник: разработка автором по источникам [9–12]



**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;  $M_{max} = 1290,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$

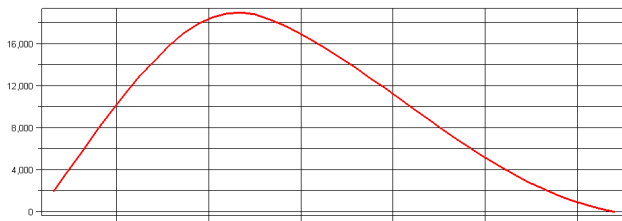
Источник: разработка автором по источникам [9–12]



**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]



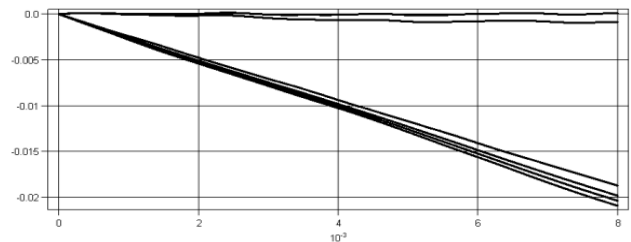
**Рис. 8.** Изменение величины изгибающего момента по длине рычага при соударении иглы рычага Л-2М с камнем

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.

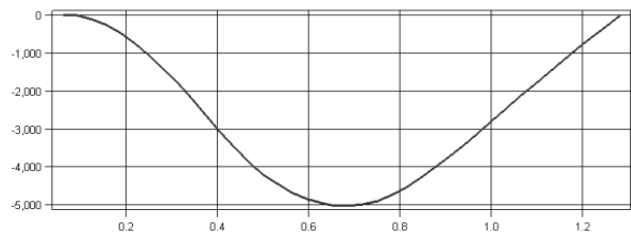
С учетом условий работы рычаг динамического лункообразователя рекомендуется изготавливать одноплечим (как у лункообразователя Л-2М) из низколегированных сталей (например, сталь 20ХГСА – применяется для изготовления гидро-



**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 ВИНТИ 14.07.2008, № 610-B2008.
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