

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ЗАПАЗДЫВАЮЩЕЙ
ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ОТ ДЕЙСТВИЯ ЕДИНИЧНОГО ТОЛЧКА**

Жунисбеков П., Бекбосынов С., Ундирбаев М.С., Нуржан Д.Ж.
Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Казахстан

***Аннотация:** Проведены мероприятия по планировке и выравниванию поверхности земли для устранения неровностей в виде различных повышений и понижений.*

***Ключевые слова:** колеса, катки, лыжи, грунт, опора, металлоемкость, земля.*

**THEORETICAL STUDIES OF THE PHYSICAL MODEL
OF MACHINES AND MECHANISMS WITH DELAYED
FEEDBACK FROM A SINGLE PUSH**

Zhunisbekov P., Bekbosynov S., Anderbaev M.S., Nurzhan D.J.
Kazakh national agrarian University, Almaty, Kazakhstan

***Abstract:** Measures were taken to plan and level the earth's surface to eliminate irregularities in the form of various increases and decreases.*

***Key words:** wheels, rinks, skis, soil, support, metal content, earth.*

Среди почвообрабатывающих, посевных и других машин, орудий и отдельных механизмов сельскохозяйственного назначения, а также мелиоративных и строительно-дорожных для земляных работ имеются такие, у которых различного вида опоры (колеса, катки, лыжи и тому подобное) расположены за рабочими органами и перемещаются по поверхностям, создаваемым этими рабочими органами во время выполнения технологических процессов.

Подобные механизмы и машины имеют в своих кинематических схемах замкнутые контуры передачи воздействий: отклонение по вертикали опор, расположенных за рабочим органом, передается через раму к рабочему органу, и от последнего через формируемую им поверхность движения к опоре. Передача воздействий по цепи опора-рама-рабочий орган формирует прямую связь, а от рабочего органа через формируемую им поверхность вновь к опоре - обратной. При этом обратная связь указанных машин является запаздывающей: так как отклонения опор, расположенных за рабочим органом, вызываются смещениями последнего, но по отношению к ним происходят с запаздыванием по времени [1,2,3]. После капитального выравнивания земель на участке остаются малозаметные неровности. Одни неровности остаются на площадках срезки и насыпи из-за некачественной обработки площадок землеройно-транспортными машинами, др. из-за того, что не были включены в проект планировки. Все микронеровности необходимо устранять длиннобазовыми планировщиками. Длиннобазовыми планировщиками устраняют неровности величиной до 10-12 см и протяженностью в пределах выравнивающей базы машин, то есть до 18-20 м [5,6,7].

Эффективность планировки орошаемых земель в первую очередь зависит от ее качества выполнения. Отклонения отметок от проектных на спланированной площади не должны превышать $\pm 0,05$ м [4,5]. Выдержанный одинарный естественный уклон не

должен приводить к смыву почвы. При планировке должен сохраняться плодородный слой толщиной не менее 0,15 м и для ряда культур не менее 0,18-0,20 м [6,7].

Планирующая способность планировщика растет монотонно с ростом длины базы L машины и уменьшением расстояния l_2 (рисунок 1). Однако при малых величинах l_2 (приближение ножа к заднему колесу) усиливается влияние возмущений под задними колесами, а также снижается способность планировщика следовать средней линии профиля. С увеличением же базы L резко возрастает металлоемкость и снижается маневренность машины, что является серьезным препятствием на пути повышения планирующей способности прицепных длиннбазовых планировщиков.

Необходимо отметить, что высокоточной планировке рисовых чеков отводится особая роль. Например, по данным Величко Е.Б. и Шумакова Б.Б. урожайность риса при колебаниях отметок чеков, спланированных с повышенной точностью равной ± 3 см, в 1,5 раза выше, а затраты поливной воды в 1,6 раза ниже, чем при отклонениях отметок чеков в пределах ± 5 см.

Повышение точности планировки на ± 2 см дает прибавку урожайности риса на 19,9 ц/га (47%) и экономию поливной воды 1621 м³ на тонну риса сырца (36%).

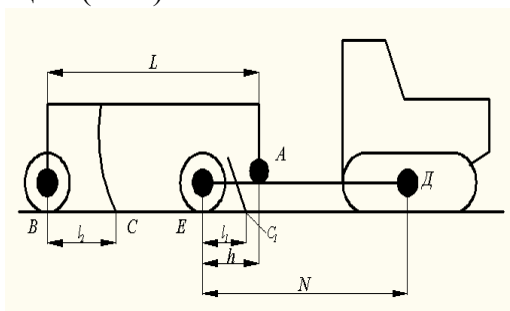


Рис.1. Конструктивная схема длиннбазового планировщика

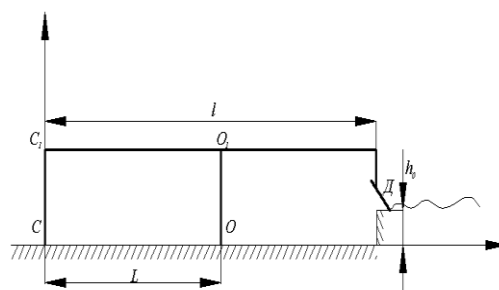


Рис.2. Модель орудия с обратной связью при единичном толчке

При испытании физической модели машин и механизмов с запаздывающей обратной связью не рекомендуется использовать плодородный слой почвы для строительства подушки каналов, валиков и других земляных сооружений. Для этих целей следует использовать в основном грунт нижнего горизонта.

При составлении проекта и производстве работ необходимо учитывать осадку планируемой поверхности, особенно на местах насыпи и повторных проходов машин. Осадка на сухой почве меньше (до 0,05 м, чем на влажной до 0,10 м).

Рассмотрим поведение модели (рисунок 2) при резком отклонении точки навески O на величину h_1 в виде единичного толчка. Из-за поворота модели относительно точки опоры C рабочий орган образует первую ступеньку. Изменения глубины обработки высотой [1].

$$K = \frac{l}{L}; \frac{L-l}{L} = 1 - k \quad (1)$$

При подъеме В. $\frac{AC}{AB} = \frac{l}{L} = k;$

При подъеме А. $\frac{BC}{AB} = \frac{L-l}{L} = 1 - k;$

Высота первой ступеньки равна:

$$h_1 = h_0 * k;$$

Высота второй ступеньки равна:

$$h_2 = h_1 * k = h_0 * k^2;$$

Высота n -ной ступеньки равна:

$$h_n = h_n * (1 - k) = h_0 k (1 - k)^n; \quad (2)$$

Переходные процессы рассчитываем в предположении, что модель (рис.2) безынерционная, величины отклонения точки навески O_1 и опоры C малы по

сравнению с длиной ОС рамы, $OO_1 \leq CC_1$, скорость $v = const$ и опора OO_1 имеет вид жесткой стойки [1.2].

Рассмотрим поведение модели при наезде опоры О на ступеньку высотой h_0 отклонении точки Д рабочего органа на величину h_1 в виде единичного толчка. Из-за поворота модели относительно точки опоры С рабочий орган образует первую

ступеньку. Изменения глубины обработки высотой ΔY_1 $\Delta Y_1 = h_0 * k$ где $k = \frac{l}{L}$.

При копировании опорой С первой ступени из-за поворота модели относительно точки O_1 рабочий орган образует следующую ступеньку с высотой ΔY_2 , $\Delta Y_2 = h_1(1 - k)$

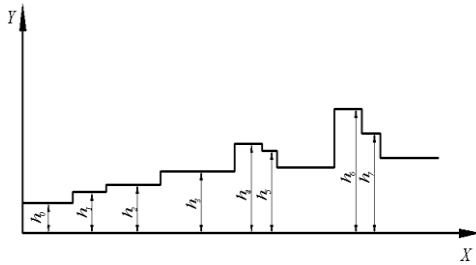


Рис.3. Переходные процессы

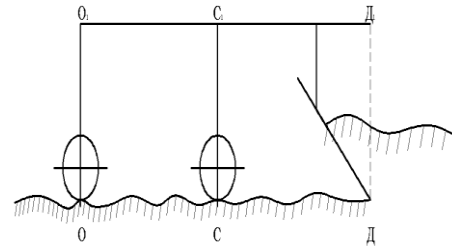


Рис.4. Модель орудия с обратной связью с передним рабочим органом

С образованием ступеньки У изменяется на величину: $Y_2 = \Delta Y_1 + \Delta Y_2 = h_0 k + h_1(1 - k)$ (3)

Высота третьей ступеньки равна: $\Delta Y_3 = k * \Delta Y_2 = k^2 * h_0 + k h_1(1 - k)$ (4)

Высота четвертой ступеньки равна: $\Delta Y_4 = k * \Delta Y_3 = k^3 * h_0 + k^2 h_1(1 - k)$ (5)

и так далее.

Высота n - ой ступеньки $\Delta Y_n = k * \Delta Y_{n-1} = k * h_0 + k^{n-1}(1 - k)h_1$ (6)

При образовании n - ой ступеньки изменение выравненных площадки равно

$$Y_n = \Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \Delta Y_3 + \Delta Y_4 + \dots + \Delta Y_n \quad (7)$$

Подставляя в (7) значения $\Delta Y_1, \Delta Y_2, \Delta Y_3, \Delta Y_4, \dots, \Delta Y_n$, получим следующее выражение изменения выровненные площадки [1]

$$Y_n = h_0 k + h_0 k + h_1(1 - k) + k^2 h_0 + k h_1(1 - k) + k^2 h_0 + k^2 h_1(1 - k) + \dots + k^n h_0 + k^{n-1} h_1(1 - k) \quad (8)$$

Уравнение (8) представляет собой сумму членов геометрической прогрессии со знаменателем k . Поэтому

$$Y_n = h_0 \sum_{i=0}^{n-1} k^i + (1 - k)h_1 \sum_{i=0}^{n-1} k^i = h_0 \frac{k^n}{k} + (1 - k)h_1 \frac{(1 - k^n)}{1 - k} = h_0 + h_1(1 - k^n) \quad (9)$$

Переходный процесс, рассчитанный по уравнению (9), показан на рисунке 2

Конечное изменение выровненные площадки определим из (9), положив $n \rightarrow \infty$,

и учитывая, что $0 < k < 1$ $Y = \lim_{n \rightarrow \infty} [h_0 + h_1(1 - k^n)] = h_0 + h_1$; (10)

Из (10) следует, что конечное изменение выровненные копания равно величине отклонения точки навески

2. Рассмотрим поведение модели при измененной поверхности поля, образуемой опорой С, на постоянную величину h_2 в виде единичного толчка.

При изменении разравнивания поверхности поля из-за поворота модели относительно точки навески 0 рабочий орган образует ступеньку, высотой в $\Delta Y_1 = k * h_2 + h_1$. При копировании опорой первой ступеньки рабочий орган образует вторую ступеньку, высотой в $\Delta Y_2 = k * \Delta Y_1 = k^2 * h_2 + k * h_1$ и так далее.

$$\text{Высота } n\text{-ой ступеньки равна } \Delta Y_n = k^n * h_2 + k^{n-1} * h_1 \quad (11)$$

Величина изменения выравнений площадки Y_n при образовании n -ой ступеньки равна сумме высот всех ступенек.

$$Y_n = \Delta Y_1 + \Delta Y_2 + \Delta Y_3 + \Delta Y_4 + \dots + \Delta Y_n \quad (12)$$

откуда

$$Y_n = \frac{k^{n-1}(1-k^n)}{k(1-k)} k * h_2 + h_1 = \frac{k^{n-1}(1-k^n)}{1-k} h_2 + h_1 \quad (13)$$

Конечную величину изменения выравнений площадки определим из уравнении (13), положив $n \rightarrow \infty$

$$Y = k^{n-1}(h_2 + h_1) \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1-k^n}{1-k} = \frac{k^{n-1}}{1-k} (h_2 + h_1) \quad (14)$$

Из (14) следует, что глубина обработанной учаски ΔY в $\frac{k^{n-1}}{1-k}$ раз больше, чем изменение глубины колеи, образуемой опорой. Например, при $k=1.05$ $Y = 1,05(h_2 + h_1)$

То есть, величина изменения обработанной учаски в 1,05 раз превышает величину колеи образуемой опорой С. Рассчитаем длительность переходных процессов. Так как теоретические процессы длятся долго ($n \rightarrow \infty$), то примем, что реальный переходный процесс заканчивается при достижении разравнивании поверхности поля в $(100 - a)\%$ от полного его теоретического значения [2]:

$$Y_i = \frac{(100 - a)}{100} Y \quad (15)$$

где Y_i - изменение разравнивания поверхности поля, при достижении которой реальный переходный процесс считается оконченным, Y - конечное теоретическое изменение поверхности поля, a - доля в процентах, зависящая от необходимой точности определения продолжительности переходного процесса: $a = \left(1 - \frac{Y_i}{Y}\right) 100\%$.

Подставим в место Y_i формулу изменения разравнивание поверхности поля (9), а в место Y - конечное теоретическое изменение поверхности поля (10):

$$h_0 + h_1(1 - k^i) = \frac{100 - a}{100} (h_0 + h_1).$$

После преобразования получим следующее соотношение

$$1 + k(1 - k^i) = \frac{100 - a}{100} (1 - k) \quad \text{или} \quad k^i = \frac{2a}{100} = \frac{a}{50}. \quad (16)$$

Отсюда определим количество перекопированные проходы $i = n$, необходимы для окончания реального переходного процесса.

$$i = \frac{\lg a - 2}{\lg k}.$$

(17)

Путь S_i переходного процесса определим, умножив (17) на расстояние $CA = l$ между рабочим органом и опорой (рисунок 4)

$$S_i = l \frac{\lg a - 2}{\lg k},$$

(18)

Из (18) следует, что путь переходного процесса прямо пропорционален расстоянию l между рабочим органом и опорой и обратно пропорционален логарифму k обратной связи орудия. При $a = 5\%$, длительность переходного процесса равна

$$S_i = l \frac{\lg 5 - 2}{\lg k}.$$

(19)

Аналогично путь переходного процесса при изменении поверхности поля определим путем подстановки значений U_i и U из (13) и (14) в (15):

$$\frac{k^{i-1}(1-k^i)}{1-k} h_2 + h_1 = \frac{100-a}{100} \left[\frac{k^{i-1}}{1-k} (h_2 + h_1) \right]$$

$$\text{Отсюда при } h_2 = h_1 k \quad 1 - k^i = 1 + \frac{2a}{100} \quad \text{или} \quad k = \frac{a}{50}.$$

(20)

Так как (20) подобно уравнению (16), то путь переходного процесса также найдется по уравнению (18).

Проведенный анализ справедлив для опоры в виде жесткой стойки и мгновенного копирования опорой B вертикальный фронт ступенек. В реальных условиях в протекании переходных процессов возможны различные отклонения, обусловленные влиянием различного рода факторов. Окончательная отделка площадей рисовых чеков производится длиннобазовым планировщиком. Планировочные работы можно производить при следующих пределах влажности почвы, % абсолютно сухой почвы: глинистые почвы 20-24%; суглинистые 19-22%; легкосуглинистые 13-15%; песчано-пылеватые 10-14%. Перед началом работы планировщика на ровной поверхности участка правильно устанавливают нож по высоте. На рыхлой почве при первом следе планировки нож устанавливают на 3-5 см выше опорной плоскости колес. После первого следа агрегата нож опускают до опорной плоскости колес. После капитального выравнивания земель на участке остаются малозаметные неровности. Одни неровности остаются на площадках срезки и насыпи из-за некачественной обработки площадок землеройно-транспортными машинами, другие из-за того, что не были включены в проект планировки. Все микронеровности необходимо устранять длиннобазовыми планировщиками.

Использованная литература

1. Жунисбеков П.Ж. Переходные процессы почвообрабатывающих машин и орудий с обратными связями // В кн: Науч.труды КазСХИ. – Алмата-Ата, 1972. – 29 с.
2. Ксендзов В.А. Введение в механику машин и механизмов с запаздывающими обратными связями. – М.: Спутник, 2005.
3. Самсонова Н. П. Планировочные работы на орошаемых землях. – М., 1955. – 127 с.
4. Парамонова Е. Г. О точности разбивочных работ при вертикальной планировки. – М. – 1991. – С.58-61.
5. Шумаков Б. А., Петрунин В.П. Планировка поверхности орошаемых площадей для полива по длинным бороздам и полосам: сб. науч. тр. – М., – Вып.10. 1964. – С.5-13.
6. Сметанин В. И. Рекультивация и обустройства нарушенных земель. – М.,2000. – 95с.
7. Цывинский Г. В. Определение направлений и расстояний возки грунта при планировке орошаемых площадей. – 1970. – Вып. 12. – С. 38-47.