

Список использованных источников

1. Бедретдинов Г.Х. Технологии восстановления осушительных каналов с утилизацией растительности и наносов. «Мелиорация и проблемы восстановления сельского хозяйства России. Материалы международной научно-практической конференции Издательство ФГБНУ ВНИИА, 2013. – стр. 125...132.
2. Пунинский В.С. Бедретдинов Г.Х. Совершенствование средств механизации для очистки осушительных каналов. Комплексные мелиорации – основа повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции. - М.: Издательство ФГБНУ ВНИИА, 2014.-310...319
3. Поцкалев А.Ф. Методические рекомендации по разработке прогнозных нормативных показателей для планирования развития сельского хозяйства на долгосрочную перспективу/А.Ф. Поцкалев, В.И. Петранев, И.Д. Олисаева, Т.Н. Макарова/- М.: Издательство НИИПиН, -1981,- 52 с.

УДК 621.879:631.6+519.24

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРЕНОУКЛАДЧИКА

Ю.Г. Ревин

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

Для оценки качества работы дренажной машины необходима ее математическая модель, обобщенной характеристикой которой является передаточная функция. Аналитическое выражение этой функции может быть сопоставлено с ее эмпирической характеристикой с целью подтверждения адекватности. Статья посвящена описанию методики нахождения этой эмпирической характеристики.

Ключевые слова: Дреноукладчики, качество их работы, количественные показатели качества, передаточная функция дреноукладчика, эмпирическая оценка передаточной функции дреноукладчика

Рассматривая дреноукладчик как динамическую систему, находящуюся под воздействием только одного внешнего возмущения – неровностей трассы, по которой движется машина, считаем, что неровности под каждой из гусениц дреноукладчика идентичны, т.е. машина при работе совершает колебательные движения только в вертикальной продольной плоскости.

В качестве исходного экспериментального материала в статье используются результаты замеров вертикальных координат продольных профилей поверхности трассы, по которой во время устройства дренажа передвигался дреноукладчик ЭТЦ-202, и поверхности дна проложенной им траншеи. Эти данные получены научными сотрудниками ВНИИГиМ при контрольных испытаниях машины и приведены в [1].

Рассматривая дреноукладчик вместе с системой автоматического управления землеройным рабочим органом по высоте как одну единую систему, имеем для дальнейшего анализа схему вида «вход – выход», где входным процессом будут неровности поверхности трассы Z , а выходным – неровности поверхности дна траншеи Y . Каждый из этих процессов, в дальнейшем, представляется в виде матрицы-столбца.

Тогда в соответствии с [2], например, можно записать

$$W(i \cdot \omega) = S_{ZY}(i \cdot \omega) / S_Z(\omega), \quad (1)$$

где $W(i \cdot \omega)$ – частотная характеристика дреноукладчика; $S_{ZY}(i \cdot \omega)$ – взаимная спектральная плотность процессов на входе и выходе; $S_Z(\omega)$ – спектральная плотность входного процесса.

Спектральная плотность неровностей поверхности трассы определяют по соотношению:

$$S_Z(\omega) = \sum_{j=0}^{m-1} K_Z(j) \cdot B(j) \cdot \cos(\omega \cdot j), \quad (2)$$

где $K_Z(j)$ – нормированная эмпирическая корреляционная функция неровностей поверхности трассы; $B(j)$ – корреляционное окно Бартлетта, предназначенное для сглаживания получаемой выборочной оценки нормированной спектральной плотности $S_Z(\omega)$; $B(j) = (1-j/m)$; m – количество точек эмпирической корреляционной функции.

Корреляционная функция вычисляется по формуле:

$$K_Z(j) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1-j} Z_i \cdot Z_{i+j}}{(N-1) \cdot D_z}, \quad (3)$$

где Z_i и Z_{i+j} – высотные координаты неровностей продольного профиля трассы. Отсчеты взяты через определенный и постоянный для конкретного профиля шаг (для данных, используемых в статье, этот шаг равен 2 м), см; N – число точек отсчета; i – текущая точка отсчета, ($i = 0, 1, \dots, N-m-1$); j – сдвиг по продольной горизонтальной оси ($j = 0, 1, 2, \dots, m$); D_z – дисперсия неровностей трассы, см².

Взаимная спектральная плотность оценивается по формуле:

$$S_{ZY}(i \cdot \omega) = S'_{ZY}(\omega) + i \cdot S''_{ZY}(\omega), \quad (4)$$

где $S'_{ZY}(\omega)$ – действительная часть взаимной спектральной плотности; $S''_{ZY}(\omega)$ – мнимая часть взаимной спектральной плотности.

$$S'_{ZY}(\omega) = \sum_{j=0}^{m-1} K_{ZY}(j) \cdot B(j) \cdot \cos(\omega \cdot j), \quad (5)$$

$$S''_{ZY}(\omega) = \sum_{j=0}^{m-1} K_{ZY}(j) \cdot B(j) \cdot \sin(\omega \cdot j). \quad (6)$$

Здесь
$$K_{ZY}(j) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1-j} Z_i \cdot Y_{i+j}}{(N-1) \cdot \sqrt{D_Z \cdot D_Y}}, \quad (7)$$

где Y – матрица-столбец отсчетов неровностей поверхности дна траншеи, см; D_Y – дисперсия переменной Y (неровностей продольного профиля дна траншеи), см².

На рисунке 1 приведены графики нормированных эмпирических корреляционных функций входных Z и выходных Y неровностей. Анализ этих графиков показывает, что неровности трассы представляют собой сумму неровностей разной длины и амплитуды с большим удельным весом длинных неровностей (25...40 м и больше).

Неровности дна имеют, в значительной степени, измененную структуру. Это результат трансформации входных неровностей дреноукладчиком. Так, к длинным неровностям порядка 25...40 м добавляются неровности, длина которых равна, примерно, удвоенной длине дреноукладочной машины ($2 \cdot 7 = 14$ м). Кроме того, появляются неровности, кратные 4...5 м и 1.5...2.0 м.

Для получения амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) дреноукладчика необходимо вычислить модуль функции $W(i \cdot \omega)$, т.е.

$$A(\omega) = |W(i \cdot \omega)| = \frac{\sqrt{[S'_{ZH}(\omega)]^2 + [S''_{ZH}(\omega)]^2} \cdot \sqrt{D_Z \cdot D_Y}}{S_Z(\omega) \cdot D_Z}, \quad (8)$$

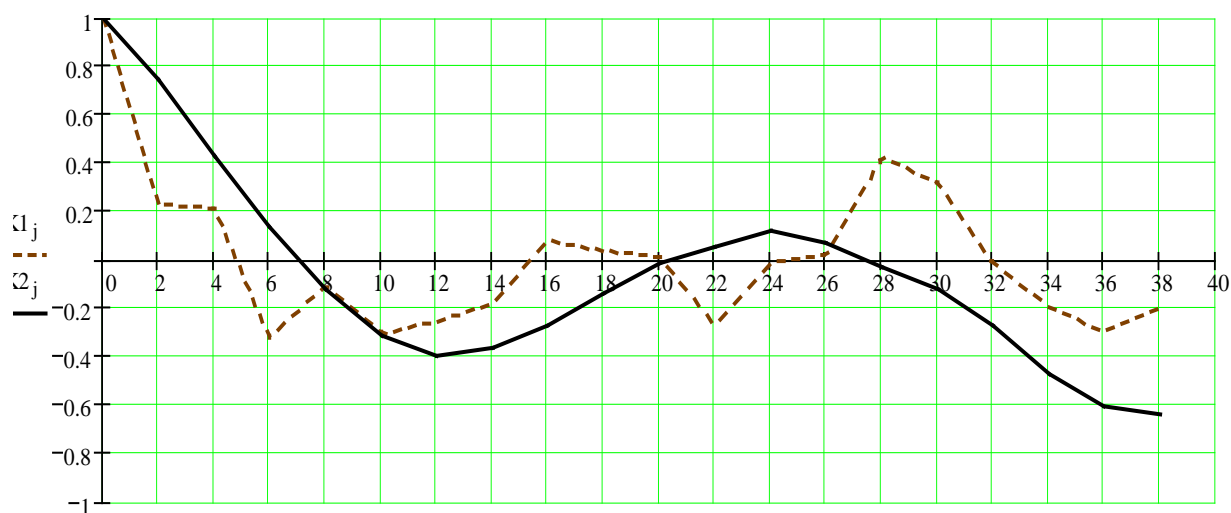


Рисунок 1 - Графики нормированных корреляционных функций $K_Z(j)$ (неровности продольного профиля поверхности трассы, сплошная линия) и $K_Y(j)$ (неровности продольного профиля поверхности дна траншеи, пунктирная линия).

По оси абсцисс отложены горизонтальные координаты в метрах

График функции $A(\omega)$, представленный на рисунке 2 (сплошная линия), свидетельствует о том, что наибольшее относительное усиление динамическая система (дреноукладчик) создает для колебаний с волновой частотой $\omega_1 \approx 0,15 \dots 0,5 \text{ м}^{-1}$ (это соответствует длинам неровностей 40...12 м). Второй диапазон усиления АЧХ приходится на $\omega_2 \approx 1,2 \dots 2,0 \text{ м}^{-1}$ (это соответствует длинам неровностей 6...3 м). Третий – $\omega_3 \approx 2,5 \dots 3,7 \text{ м}^{-1}$, что соответствует 2...1,5 м. Усиление для третьего диапазона частот примерно в два раза больше, чем для второго.

Сравним АЧХ $A(\omega)$, полученную по результатам статистической обработки с использованием взаимного спектра, с теоретически вычисленной $A_3(\omega)$. При этом будем осуществлять анализ динамической системы (дреноукладчик) для режима работы, получившего название «работа от дна».

Аналитическое выражение передаточной функции дреноукладчика, в таком случае, может быть представлено в виде:

$$P_{op}^A(s) = \frac{P_{op}(s)}{1 + P_A(s)}, \quad (9)$$

где $P_{op}(s)$ – передаточная функция дреноукладчика без системы автоматического регулирования уклоном (САРУ); $P_A(s)$ – передаточная функция разомкнутой САРУ.

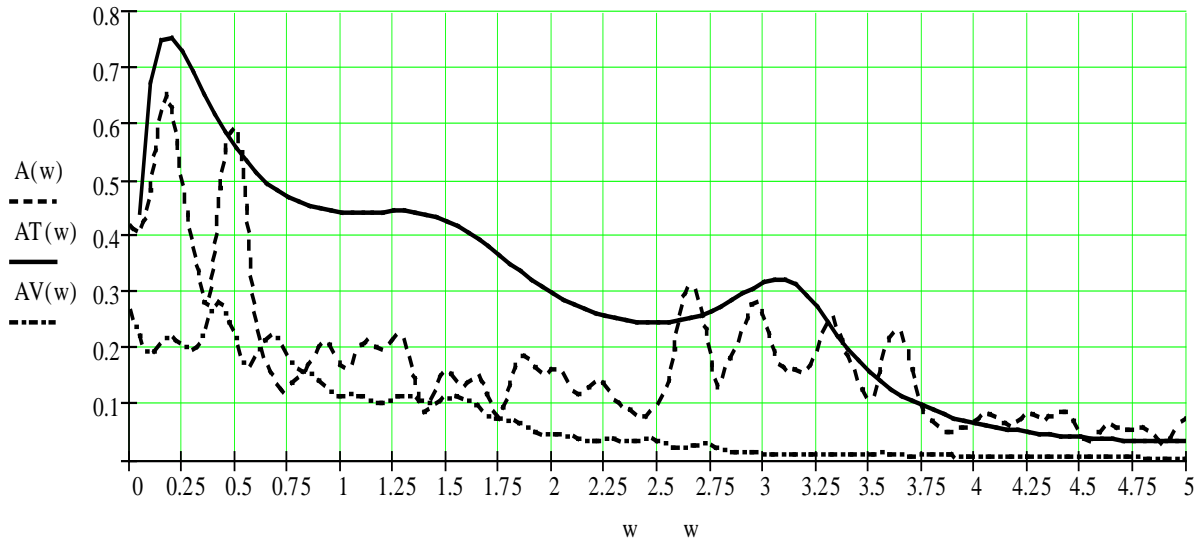


Рисунок 2 - Графики амплитудно-частотных характеристик, полученные при помощи статистической обработки данных измерений с использованием взаимной спектральной плотности $A(\omega)$ (пунктирная линия), теоретическая $AT(\omega)$ (сплошная), и без использования эмпирической спектральной плотности $AV(\omega)$ (штрихпунктирная линия)

Передаточная функция дреноукладчика без системы автоматического регулирования

$$P_{op}(s) = \frac{X}{(X - t)^2 \cdot s^2 + k \cdot (L - c) \cdot s + X}, \quad (10)$$

где L – длина гусеничной базы дреноукладчика, м; X – расстояние по горизонтали от передней (натяжной) звездочки гусеницы до точки подвеса землеройного рабочего органа, м; c – расстояние по горизонтали от передней звездочки гусеницы до центра давления, м; t – горизонтальная координата центра тяжести дреноукладчика, м; k – поправочный коэффициент.

Передаточная функция разомкнутой системы автоматического регулирования землеройным рабочим органом по высоте

$$P_A(s) = \frac{k_a \cdot e^{-\tau \cdot s}}{(T \cdot s + 1) \cdot s}, \quad (11)$$

где k_a – обобщенный коэффициент усиления САРУ, c^{-1} .

$$k_a = \frac{k_1}{1 + \alpha \cdot k_1 / k_2} \cdot k_3 \quad (12)$$

Здесь k_1 – коэффициент усиления по скорости системы «золотник-цилиндр», c^{-1} ; k_2 – коэффициент усиления по усилию системы «золотник-цилиндр», H/m^2 ; k_3 –

коэффициент усиления, вычисляемый по соотношению длин перемещения штока цилиндра и днообразующей кромки землеройного рабочего органа.

Коэффициент усиления по скорости равен частному от деления коэффициента по расходу k_Q на суммарную площадь поперечных сечений двух цилиндров подъема-поворота землеройного рабочего органа. Приняв суммарные утечки в золотнике и цилиндрах равными $600 \text{ см}^3/\text{мин}$, будем иметь $k_1 \approx 0,01 \dots 0,03$.

Коэффициент усиления по усилию равен произведению коэффициента по давлению k_p на суммарную площадь поперечных сечений двух цилиндров подъема-поворота землеройного рабочего органа. При величине $k_p = 500 \dots 600 \text{ Н/см}^3$ имеем $k_2 \approx 2,5 \cdot 10^5 \text{ Н/см}$. Соотношение между двумя коэффициентами усиления k_1 и k_2 дает основание утверждать, что знаменатель в формуле 12 примерно равен единице.

Коэффициент k_3 можно принять равным $0,7 \dots 1,5$.

Значение времени запаздывания и разгона τ в режимах заглубления и выглубления примем для расчетов по рекомендациям [3] равным $0,19 \dots 0,25 \text{ с}$.

Величина постоянной времени может быть принята также по данным [3], а именно, $T \approx 0,1 \text{ с}$. Значения этих постоянных получены экспериментально.

На рисунке 2 приведен график амплитудно-частотной характеристики, построенной в соответствии с формулой 9 (сплошная линия). Характер этого графика свидетельствует о довольно хорошем совпадении теории и эксперимента. Действительно, при реальной прокладке дренажной траншеи несколько (незначительно) снижаются амплитуды неровностей трассы, имеющих большую длину (на $30 \dots 40 \%$), то же наблюдается и для теоретической АЧХ.

Неровности длиной $4 \dots 6 \text{ м}$ сглаживаются значительно интенсивнее. В этом случае имеются расхождения между теорией и практикой. Для теоретической АЧХ снижение прогнозируется на 60% , а практика показывает снижение примерно на $70 \dots 80 \%$.

В спектре неровностей дна траншеи наблюдаются неровности длиной $2 \dots 3 \text{ м}$, которые сглаживаются эффективнее всего. Теория говорит о снижении амплитуд на 70% , а практика даёт цифру 75% .

Для сравнения на рисунке 2 приведен график еще одной АЧХ, полученной по формуле

$$A_2(\omega) = \sqrt{\frac{S_Y(\omega) \cdot D_Y}{S_Z(\omega) \cdot D_Z}}, \quad (13)$$

где $S_Y(\omega)$ – нормированная спектральная плотность неровностей продольного профиля дна траншеи, м.

Расхождение этого графика с двумя другими значительно более существенно, что не дает основание применять формулу (13) в расчетах.

Выводы

1. Статистический метод оценки частотной характеристики дреноукладчика с целью получения в дальнейшем уточненной его теоретической модели вполне приемлем и прозрачен.

2. Амплитудно-частотная характеристика дреноукладчика, полученная в результате обработки неровностей трассы и дна траншеи, отличается от теоретической наличием так называемых флуктуаций, которые могут рассматриваться как шум.

Список использованных источников

1. Материалы контрольных испытаний дреноукладчика ЭТЦ-202 на территории совхоза «Ильичевский» Багратионовского района Калининградской области. Том 2. Продольные профили дрен. Калининград, 1988 г.
2. Бендат Дж., Пирсол А. Применения корреляционного и спектрального анализа. М., Мир, 1983 г., 312 с.
3. Лазерная техника в мелиоративном строительстве. А.Н. Ефремов, А.К. Камальдинов, А.И. Мармалев, В.Г. Самородов. – М.: Агропромиздат, 1989 г., 223 с.
Льюис Э., Стерн Х. Гидравлические системы управления. М., Мир, 1966 г., 401 с.

УДК 631.311.5

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ РЫХЛЕНИЯ ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЫХЛИТЕЛЯ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Н.К. Теловов

ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, г. Москва, Россия

В статье рассмотрены вопросы совершенствования рабочего органа, обладающего оптимальной конструкцией глубокорыхлителя и возможности адаптации к внешним условиям и видам выполняемых работ. Предложен один из путей снижения тягового сопротивления в процессе работы глубокорыхлителя.

Ключевые слова: глубокорыхлитель; почва, определение плотности грунта; тяговые сопротивления.

В результате многочисленных исследований по разработке технологий возделывания пропашных культур в 1980-1985 гг. были апробированы, испытаны, опубликованы материалы по технологиям и комплексам машин и к 1991 году уже внедрялись на большинстве площадей [1, 2].

Внедрение шло как через систему изучения передового опыта (НОТы, НОПТ, школы повышения кадров Минсельхоза, Минводхоза), так и по линии Министрств, а также участия НИИ, учебных ВУЗов и Научно-производственных, производственных систем.

По ряду причин с 1991 г. снизились объёмы обрабатываемых площадей, также уменьшилась востребованность в отечественных сельскохозяйственных научных разработках, упало потребление новой техники и технологий.

В настоящее время существующие и перспективные технологии возделывания пропашных, зерновых сельскохозяйственных культур на пахотных и старопахотных землях должны обязательно включать в себя мероприятия по мелиоративным и культуртехническим работам.

К основным работам относятся:

- срезка кустарника и мелкокося;
- уборка срезанного кустарника и древесных остатков;
- запашка кустарника, фрезерование, уничтожение кочек;
- очистка от камня, первичная обработка почвы и планирование;
- обработка почвы глубокорыхлителями.

После многократных проходов мелиоративных машин ряд авторов указывает на значительное уплотнение подпочвенного слоя, то есть образование «плужной подошвы», которую необходимо ликвидировать. Для разрушения уплотненного слоя применяют глубокорыхлители.