

К.В. АЛЕКСАНДРЯН, А.С. СТЕПАНЯН, В.Н. ЯВРУЯН

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА
ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДАХ**

Разработана методика определения основных параметров гидрооборудования испытательных стендов. Предлагается модель процессов внешних воздействий на сельскохозяйственные машины в виде двухуровневого иерархического случайного процесса. Определены силовые и кинематические факторы, действующие на нагрузочные устройства стенда при их независимой и совместной работе. Обоснованы и разработаны средства физического моделирования динамических воздействий в лабораторных условиях.

Ключевые слова: сельскохозяйственные машины, испытание, стенд, электрогидравлика.

Для сокращения сроков создания новой техники, повышения ее надежности и эффективности значительная роль отводится стендовым ускоренным испытаниям, позволяющим многократно уменьшить этапы разработки машин и механизмов, в особенности в отраслях сельскохозяйственного, мелиоративного и дорожно-строительного машиностроения, испытания которых ограничиваются сезонностью и почвенно-климатическими условиями. Для этих целей применяются электрогидравлические испытательные стенды, отличающиеся точностью воспроизводства задаваемых законов нагружения и универсальностью, позволяющие компоновать стенды с большим количеством независимо управляемых нагрузочных устройств.

Одним из условий адекватности стендового и эксплуатационного режимов испытаний является обеспечение идентичности законов нагружения, формируемых устройствами управления.

Анализ существующих нагружающих устройств испытательных установок [1] показал, что электрогидравлические возбудители хорошо согласуются с электронными системами управления и позволяют отрабатывать сигналы произвольной формы, вследствие чего для исследований машин в режимах случайного нагружения их применение следует считать наиболее целесообразным. При анализе результатов обработки реализации воздействий на пахотный и рыхлительный агрегаты в условиях каменистых почв выяснилось, что они подчиняются нормальному закону распределения и могут быть отнесены к классу стационарных и эргодичных случайных процессов. Корреляционные функции этих процессов с достаточной точностью аппроксимируются экспоненциальными, экспоненциально-синусными и косинусными выражениями.

масштабировались согласно численно-импульсному коду системы управления исполнительными механизмами стенда.

К числу основных воздействий на машины относятся воздействия от неровностей поверхности поля, сопротивления почвы и колебаний трактора. Для оценки микропрофиля были профилированы неровности полей со степенью засоренности камнями $q_1=1,2\ldots 1,6\%$ и $q_2=3,0\ldots 3,8\%$ с получением профилограмм $Z(\ell)$ значений неровностей в функции пути ℓ .

Представленные на рис.1 графики показывают, что в зависимости от степени каменистости рассматриваемые поля по интенсивности воздействия микропрофиля можно разделить на две группы. Существенные частоты микропрофилей полей, характеризующих кривыми 1-4 (поля с каменистостью q_1), заключены в довольно узком диапазоне, частоты среза не превышают 9 м^{-1} . У неровностей второй группы полей (поля с каменистостью q_2) значения частот, при которых спектральная плотность достигает максимума, смещены в большую сторону, спектры более растянуты, соответственно выше и частоты среза, т.е. с повышением степени каменистости длина неровностей уменьшается.

Значения дисперсий микропрофилей, характеризующих высоты неровностей, показывают что и они существенно отличаются в зависимости от каменистости. Для полей второй группы значения D_z выше ($10,6\ldots 29,5\text{ см}^2$) и иногда в несколько раз превышают дисперсии неровностей первой группы полей ($5,8\ldots 9,2\text{ см}^2$).

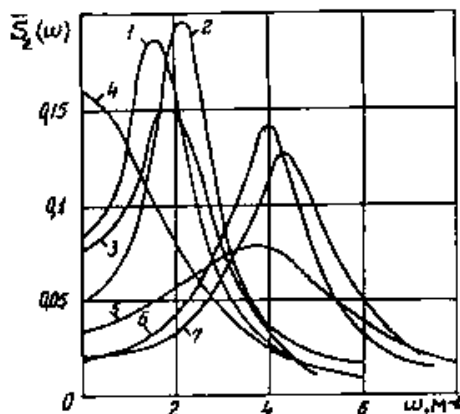


Рис. 1. Нормированные спектральные плотности микропрофилей полей, засоренных камнями

Анализ передаточных функций почвообрабатывающих агрегатов показал, что с увеличением степени каменистости почвы наблюдается повышение значений коэффициентов усиления при одновременном уменьшении постоянных времени. Вследствие этого имеет место возрастание уровней амплитудных характеристик и расширение полос пропускания. Значения коэффициентов демпфирования, меньших единицы, указывают на колебательный характер звеньев по отношению к входным воздействиям. Экспериментальным путем установлены также

зависимости между коэффициентами передаточных функций и конструктивными параметрами почвообрабатывающих агрегатов. Полученные результаты позволили дать статистическую оценку процесса $R(t)$ и обосновать тем самым режимы имитации воздействий от сопротивления почвы при стендовых испытаниях почвообрабатывающих машин.

Физическое моделирование воздействий на испытываемую машину осуществляется с помощью электрогидравлического привода с электрической обратной связью и цифровым управлением. Сигналы от электронных систем управления, формирующих процессы с требуемыми статистическими характеристиками, подаются на электрогидравлические преобразователи узлов имитации динамических воздействий, куда подается также масло от маслонасосных станций. Преобразователи управляют работой силовых исполнительных гидравлических механизмов, с помощью которых создаются соответствующие электрическим сигналам перемещения и усилия на рабочие органы машины. При одновременной работе всех узлов имитации создается комплекс аналогичных эксплуатационным динамическим воздействиям на машину, что позволяет проводить ее на усталостную прочность, надежность и долговечность. Моделирование различных условий эксплуатации осуществляется изменением характеристик случайных сигналов, поступающих от электронных устройств управления. Требуемые параметры гидропривода установки определяли, исходя из статистических показателей реальных воздействий. Так, выбор силовых исполнительных механизмов основывался на величине давления системы гидропитания и максимальном значении имитируемого воздействия, которое для процессов с нормальным законом распределения отклоняется от среднего на величину, практически не превышающую 3σ . Расход жидкости, потребляемой исполнительными механизмами, и требуемая мощность насосных станций определялись по производным имитируемых случайных процессов с учетом максимальной скорости их изменения.

Анализ амплитудно-частотных характеристик узлов имитации показал, что при выбранных параметрах электрогидравлической системы управления на установке обеспечивается качественное воспроизведение процессов с частотами до 20 с^{-1} , при которых отношение амплитуд входного и выходного сигналов заключено в диапазоне $0,9 \dots 1$, а сдвиг фаз между ними незначителен.

Как показывают результаты исследований, одной из особенностей мобильных с.х. агрегатов является зависимость коэффициентов усиления K и времени T большинства каналов связи от режимов и условий работы. В силу этого имеет существенное значение установление величин и характера изменения этих коэффициентов на основе статистических характеристик входных и выходных процессов. Ниже рассматриваются некоторые данные, полученные в результате полевых экспериментальных исследований с использованием тензометрических средств регистрации при работе пахотного (трактор Т-74 + плуг ПКС-4-35) и рыхлительного (Т-74 + рыхлитель РН-40) агрегатов.

При выделении входных и выходных процессов в отдельные каналы связи "вход-выход" исходили из оценок взаимных корреляционных функций, представительные нормированные $\rho(\tau)$ кривые которых отражают связь между: профилем поверхности поля $Z_n(t)$ и глубиной

обработки $a(t)$ 1 (ПКС); суммарной вертикальной реакцией $F(t)$ на опорных колесах машин и результирующей $R(t)$ на цапфах балансирных кареток трактора 2 (ПКС) и 3 (РН); вертикальной составляющей $Pz(t)$ крюкового усилия трактора и $R(t)$ 4 (ПКС) и 5 (РН) (рис.2).

$\rho(c)$ достигает наибольшего значения в паре $Z_n(t) - a(t)$ и $Pz(t) - R(t)$ и соответственно равняется 0,75, 0,53, 0,65. При этом обращает на себя внимание запаздывание сигнала в $Z_n(t)-a(t)$ на 0,4 с. Для этого же канала у РН-40 максимум $\rho(c)$ не выражен четко и не превышает 0,15...0,2, что можно объяснить превалирующим значением силовых процессов, а также в определенной степени затрудненностью прямого замера $a(t)$ из-за специфики технологического процесса.

В силовых каналах запаздывание небольшое, и им практически можно пренебречь, а значения $a(t)$ для $F(t)-R(t)$ зависят от микропрофиля под опорными колесами.

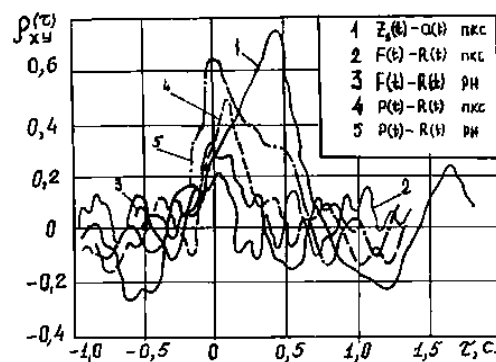


Рис.2. Нормированные кривые взаимных корреляционных функций

Как видно из таблицы, с увеличением степени засоренности наблюдается увеличение K при одновременном уменьшении T_1 и T_2 , и, как следствие, имеет место возрастание уровней амплитудных характеристик и расширение полос пропускания. Причем значения коэффициентов демпфирования ($\rho < 1$) указывают на колебательный характер звеньев по отношению к входным процессам. Ограничиваясь характером влияния K и T на $D_{\text{вых}}$, необходимо отметить их влияние на переходные процессы.

Таблица

$Z_n(t)-a(t)$	Агрег	$q, \%$	K	T_0	T_1	T_2	ρ
	ПКС - 4 - 35	1,2...1,6	0,68	0,28	0,24	0,28	0,43
		3...8	0,89	0,35	0,16	0,25	0,32
$Rz(t)-R(t)$	ПКС - 4 - 35	1,2...1,6	0,60	0,26	0,50	0,55	0,45
		3...3,8	0,85	0,30	0,24	0,32	0,37
	РН - 40	1,2 ...1,6	1,25	0,28	0,29	0,38	0,38
		3...3,8	1,64	0,25	0,19	0,30	0,32

С точки зрения обеспечения качества технологического процесса и лучших условий работы водителя, необходимо, чтобы переходные процессы имели аperiodический характер. Однако из-за существенно низких значений ρ , особенно при сильной засоренности, расчеты параметров переходных процессов показывают, что они протекают со значительными колебаниями и перерегулированием. Так, например, параметры переходных процессов $a(t)$ по отношению к возмущению $Z_n(t)$ на засоренных участках достигают: время регулирования - 0,7 с, перерегулирование - 65 %, число колебаний 2,5...3,0. Обобщение имеющегося материала свидетельствует о повышении интенсивности переходных процессов в каналах связи по отношению к силовым воздействиям и с увеличением угла склона и скорости. Из отмеченного следует, что вопрос обоснованного выбора оптимальных значений этих коэффициентов для с.х. агрегатов представляет собой значительную сложность и требует для решения комплексного подхода. Так, увеличение T_2 , необходимое для снижения $D_{\text{вых}}$, растягивает переходной процесс, что применительно к глубине обработки означает более длительное нахождение $a(t)$ за агротехническим допуском (T_1 главным образом влияет на величину перерегулирования, и с его увеличением оно снижается). Поэтому здесь необходимо получение аperiodического переходного процесса.

С другой стороны, при выборе T_2 силовых каналов необходимо учитывать, что из-за большей инерционности почвообрабатывающих агрегатов большое быстроедействие, как следствие уменьшения T_2 , связано с возникновением циклических перегрузок и перенапряжений, что предъявляет повышенные требования к усталостной прочности деталей и узлов агрегатов. В силу отмеченного, характером изменения T_1 и T_2 в значительной мере можно объяснить более частые поломки и деформации машины при эксплуатации в горных условиях.

Очевидно, что отмеченный выше комплексный подход может иметь место при наличии данных о связи коэффициентов операторов с различными конструктивными параметрами.

Таким образом, можно заключить, что различный характер зависимости коэффициентов операторов преобразования от конструктивных параметров агрегатов предопределяет необходимость как расширения исследований по этому вопросу, так и привлечения стендовых исследований и испытаний.

Рассмотрим узел имитации неровностей поверхности поля, позволяющий моделировать воздействия на агрегат по программе со спектром [2], характерным для работы вышеотмеченных почвообрабатывающих машин на новоосваиваемых землях (рис.3). В качестве исполнительного механизма в узле применен гидравлический усилитель крутящего момента с шаговым электродвигателем, управляемым блоком программного управления шаговым приводом.

Вертикальные перемещения опорной площадки 1, имитирующие неровности профиля, обеспечиваются путем передвижения площадки вдоль направляющих 2 парой винт-гайка 3. Подвижным элементом, совершающим возвратно-поступательное движение, является гайка, связанная с опорной площадкой.

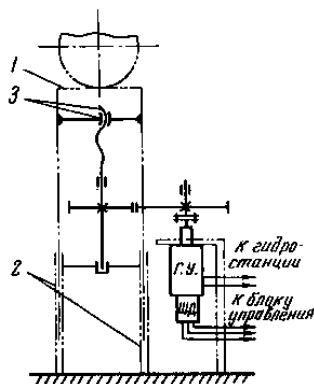


Рис. 3. Схема узла имитации неровностей поверхности поля
испытательного стенда

Блок управления состоит из устройства считывания информации, записанной в кодированном виде на магнитную ленту, и соответствующих формирователя и распределителя импульсов и выходных усилителей мощности. При подаче очередного импульса управления на шаговый двигатель вал последнего поворачивается на строго определенный угол. Информационная характеристика сигнала определяется только частотой и числом импульсных посылок. Изменение в определенных пределах амплитуды и формы импульсов не нарушает нормальной работы. Выходной вал гидроусилителя, синхронно связанный с выходным валом шагового двигателя, поворачивает винт на соответствующий угол. При повороте винта гайка с площадкой перемещаются вверх или вниз на заданную величину, имитируя тем самым воздействия от неровностей поверхности поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Александрян К.В., Степанян А.С.** К подбору параметров динамических характеристик почвообрабатывающих агрегатов при работе в условиях каменистых почв // Труды АрмНИИМЭСХ. – Ереван, 1976. - Вып. 12. - С. 156-162.
2. **Степанян А.С., Егиазарян Е.В.** К вопросу об имитации воздействий от неровностей поверхности поля при стендовых испытаниях почвообрабатывающих машин // Труды АрмНИИМЭСХ. – Ереван, 1977. - Вып. 13. - С. 184-188.

НПХО «Сельхозмеханизация». Материал поступил в редакцию 25.11.1999 .

Կ.Վ.ԱԼԵՔՍԱՆԴՐՅԱՆ, Ա.Ս. ՍՏԵՓԱՆՅԱՆ, Վ.Ն. ՅԱՎՐՈՒՅԱՆ

**ԷԼԵԿՏՐՈՆԻԿԱՎԵԿ ՓՈՐՁԱՐԿՄԱՆ ՍՏԵՆԴԵՐԻ ՎՐԱ ԳՑՈՒՂԱՏՆՏԵՍԱԿԱՆ
ՏԵԽՆԻԿԱՅԻ
ՓՈՐՁԱՐԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ**

Դիտարկված են տեսական հետազոտությունների հիման վրա մշակված էլեկտրահիդրավիկ ստենդի կառուցվածքային առանձնահատկությունները: Բերված է ստենդի հիմնական պարամետրերի որոշման մեթոդիկան, դասակարգված են աշխատանքի ընթացքում գյուղատնտեսական մեքենաների վրա առաջացող արտաքին ազդակները: Ըստ մշակված մոդելի, մեքենա - արտաքին ազդակ փոխհարաբերության փոփոխման օրինաչափությունը դիտարկված է որպես երկմակարդակ հիերարխիկ պատահական գործընթաց: Հիմնավորվել և մշակվել են լաբորատոր պայմաններում դինամիկ ազդակների ֆիզիկական մոդելավորման միջոցները, որոշվել են ուժային և կինեմատիկ գործոնները, որոնք ազդում են ստենդի բեռնավորման համակարգի վրա՝ առաջինների առանձին կամ համատեղ ազդեցության պայմաններում:

K.V. ALEXANDRYAN, A.S. STEPANYAN , V.N. YAVRUYAN

**METHODS OF STUDYING AGRICULTURAL
EQUIPMENTS OF ELECTROHYDRAULIC
TEST STANDS**

Methods of specifying the basic parameters of test stand hydroequipment are developed. A model of processes for external actions on agricultural machines as a two-leveled hierarchical random process is proposed. Force and kinematic factors acting on the loading stand installation in their independent and joint operation are determined. The means of physical simulation of dynamic effects in laboratory conditions are elaborated.