

УДК 681.3 : 631.171 : 631.471

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Альт В.В., докт. техн. наук, член-корр. РАН;

Ольшевский С.Н.*, канд. техн. наук

Сибирский физико-технический институт аграрных проблем (СибФТИ), Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (СФНЦА РАН), п. Краснообск, Новосибирский район, Новосибирская область, 630501, Российская Федерация, *e-mail:ols@ngs.ru

Показана роль информационных технологий как межотраслевого направления науки. Сформулирована гипотеза о возможности единого их информационного описания на основе закона о круговороте вещества в природе и диалектической взаимосвязи объектов сельскохозяйственного производства: земли, растений, животных, машин, окружающей среды и социума. Взаимосвязь этих ресурсов и ее оптимальность (рациональность) возможна на основе использования информационных технологий, что во многом определяет эффективность аграрного производства. Эти положения объединяются парадигмой информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства. Она представлена совокупностью объективной информации (приборы, измерительно-вычислительные комплексы, информационно-измерительные системы, базы данных и знаний) и субъективной, используемой при создании приборов, информационных, экспертных систем и систем искусственного интеллекта. Представлены разработанные авторами блоки информационных моделей. Приведены расчет и обоснование величины обменного слова и размер информационного потока универсального блока информационных моделей. Предложена методика создания «виртуальной лаборатории» исследования двигателя 4С10,5/12 (Д-144) с использованием устройства сбора данных NI PCI-6251. Для этого разработан специальный программный комплекс, позволяющим вести интерполирование данных 4-факторного эксперимента при исследовании двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: диалектическая общность, парадигма информационного обеспечения, информационные модели, потоки информации, интерполирование данных, «виртуальная лаборатория».

■ **Для цитирования:** Альт В.В., Ольшевский С.Н. Информационные модели сельскохозяйственных объектов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2016. N4. С. 15-23.

INFORMATION MODELS OF AGRICULTURAL OBJECTS

V.V. Alt, Dr. Sci. (Eng.), Corresponding-member of RAS; S.N. Olshevsky*, Cand. Sci. (Eng.)

Siberian Institute of Physics and Technology, Siberian Federal Research Center of agrobiotechnologies, set. Krasnoobsk, Novosibirsk district, Novosibirsk region, 630501, Russian Federation, *e-mail: ols@ngs.ru

The role of information technologies as interindustry direction of science is presented. The hypothesis of possibility of their uniform information description on the basis of the law on substance circulation in the nature and dialectic interrelation of objects of agricultural production is formulated: earth, plants, animals, machines, environment and society. The interrelation of these resources and its optimality (rationality) is possible on the basis of use of information technologies that in many respects defines efficiency of agrarian production. These postulates unite using a paradigm of information support of technological processes of agricultural production. It is represented by set of objective information (devices, measuring computer systems, information and measuring systems, bases and knowledge data) and subjective one, used at creation of devices, information, expert, and artificial intelligence systems. The authors worked out blocks of information models, calculated and justified size of the converted word and the size of data stream of the universal block. Their technique of creation of «virtual laboratory» of engine 4Ch10.5/12 (D-144) research with use of the device of data collection of NI PCI-6251 is presented. A special software application is developed to realize interpolating of data of 4-factorial experiment at research of an internal combustion engine.

Keywords: Dialectical connection; Paradigm of information support; Information models; Data stream; Data interpolating; «Virtual laboratory».

■ **For citation:** Alt V.V., Olshevsky S.N. Information models of agricultural objects. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2016; 4: 15-23. (In Russian)

Недосток информации в аграрном производстве каждого из субъектов, принимающих управленческие решения, объективно связан с полифункциональным характером объектов управления: окружающей среды, земли, растений, животных и машин (рис. 1). Эти объекты можно представить как пять разновидностей ресурсов, которые взаимодействуют под воздействием еще двух ресурсов – человеческого и финансового. Все это можно представить как многомерное пространство. В такой ситуации субъект принимающий управленческие решения, вынужден принимать частные решения, сужая мерность пространства, полагая, что некоторые из ресурсов несущественны или безграничны. Из-за неполного знания человек принимает неоптимальное решение. Современное развитие информационных технологий в сельском хозяйстве характеризуется формированием и развитием агроинформатики – системообразующей отрасли знаний, обеспечивающей снижение удельных материальных затрат и экологического воздействия на природу при производстве продукции растениеводства. Обе задачи многоплановы и, как правило, противоречивы.

Цель исследования – создание программного модуля для обработки данных многофакторного эксперимента, разработка программного продукта для сокращения времени подготовки специалистов в области двигателястроения и эксплуатации дизельных энергетических установок, снижение трудовых и материальных затрат на проведение испытаний дизельных двигателей.

Материалы и методы. В начальной фазе формирования управленческих гипотез необходимо сформулировать общую систему взглядов на пути решения совокупности задач по приборному и информационному обеспечению сельскохозяйственной науки и производства. Гипотетическая возможность такого решения обусловлена самой общностью объектов исследований в сельскохозяйственной науке и объектов использования в аграрном производстве (рис. 1) [1, 2].

Нами предложена парадигма (общая система взглядов на пути решения задач на современном этапе развития) информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства (рис. 2) [3].

Парадигма охватывает все многообразие информации, характеризующей объект (измерительная, эвристическая, в виде наблюдаемых переменных и знаний экспертов) и предусматривает системный подход при решении задач обеспечения

информацией в процессе принятия управленческих решений [4]. Парадигмой предусмотрено включение баз данных, баз знаний, экспертных систем и систем искусственного интеллекта в состав управляющего звена. Такой автоматизированный метод управления позволяет перейти к управлению объектом (машины, почва, растения, животные, технологии, социально-экономические отношения и т.д.) не по отклонению какого-то из параметров или группы параметров от принятой нормы, а в соответствии с функцией назначения объекта управления. Одновременно к объекту управления будут применены ограничения, накладываемые экологической обстановкой, сезонным характером работ, взаимным влиянием составляющих объекта, характером воздействия внешних факторов на объект управления [5].

В процессе разработки средств измерения и обработки информации создаются математические, информационные, морфологические (функциональные) и натуральные модели самих объектов, которые рассматриваются как источники информации и объекты управления. Формируя модель, мы априори определяем круг пользователей информацией по их профессиональной деятельности. Информационные модели такого типа можно квалифицировать как предметноориентированные и потенциально эффективные [5, 6].

Метод управления в соответствии с функцией назначения объекта управления предусматривает применение к объекту управления ограничений, накладываемых экологической обстановкой, сезонным характером работ, взаимным влиянием со-

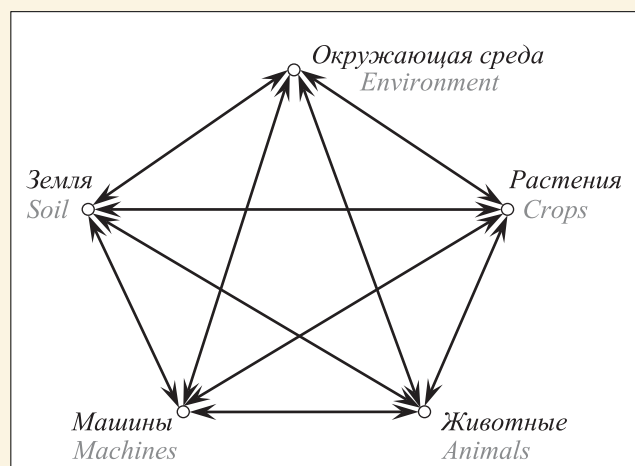


Рис. 1. Связи и диалектическая общность объектов в сельскохозяйственном производстве

Fig. 1. Communications and a dialectic community of objects in agricultural production

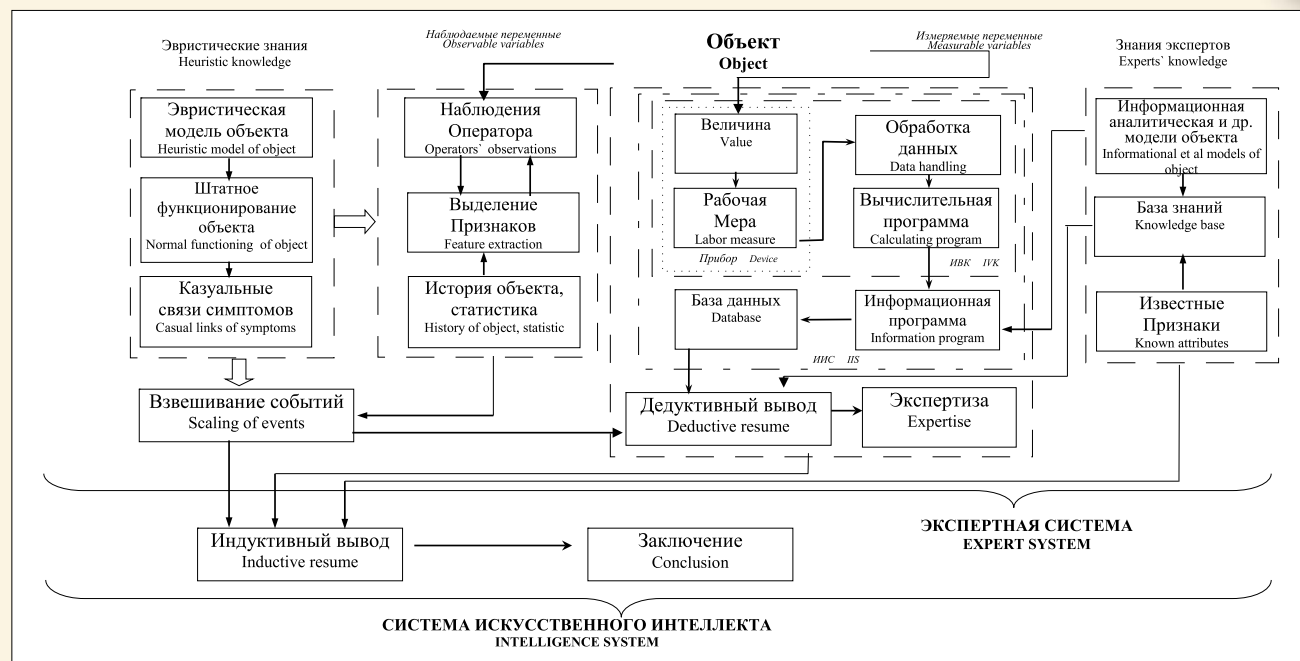


Рис. 2. Парадигма информационного обеспечения технологических процессов сельскохозяйственного производства
Fig. 2. Paradigm of information support of technological processes in agricultural production

ставляющих объекта, характером воздействия внешних факторов на объект управления [5, 7].

Этими положениями можно определить потоки информации для составляющих информационных моделей (рис. 3).

Определение основных характеристик информационных потоков ($\vec{Z}$, $\vec{\Phi}$, $\vec{X}$, $\vec{U}$, $\vec{M}$, $\vec{Y}$), таких как размерность (в битах) обменных слов в потоке, объем информации в потоке в единицу времени или в течение временного периода проведения анализа, состояние объекта необходимо устанавливать на основе анализа протекания наиболее быстропеременных процессов. Анализ высокочастотных составляющих процессов, протекающих в сельскохозяйственных объектах (машины, почва, растения, животные, технологии, социально-экономические отношения и т.д.), показал, что их можно описать процессами, протекающими в цилиндре двигателей внутреннего сгорания (рабочие процессы) при преобразовании химической энергии топлива в тепловую, а затем в механическую.

Для решения задач оптимизации рабочих процессов ДВС применяют широкий набор аппаратных средств [7]. В большинстве из них задействованы цифровые методы обработки. При этом входная информация, представляемая в виде непрерывных сигналов (давлений, перемещений и т.д.), преобразуется в дискретный вид аналого-цифровыми преобразователями (АЦП). Поэтому для АЦП необходим обоснованный выбор разрядности и номинальной цены наименьшего разряда выходного кода (шага квантования).

Одна из основных характеристик, определяю-

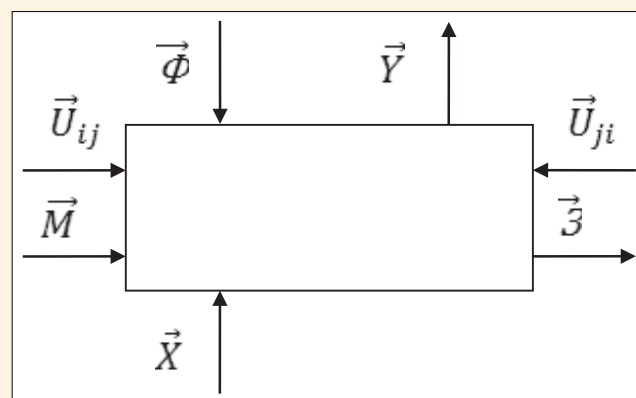


Рис. 3. Потоки информации составляющих информационных моделей:

$\vec{Z}$ – о целевой функции;
 $\vec{\Phi}$ – о внешних факторах;
 $\vec{X}$ – об управляющих воздействиях;
 $\vec{U}$ – о взаимном влиянии составляющих;
 $\vec{M}$ – о состоянии составляющих;
 $\vec{Y}$ – о влиянии на окружающую среду

Fig. 3. Information streams of component of information models:

$\vec{Z}$ – about objective function;
 $\vec{\Phi}$ – about external factors;
 $\vec{X}$ – about operating influences;
 $\vec{U}$ – about mutual influence of components;
 $\vec{M}$ – about a condition of components;
 $\vec{Y}$ – about influence on environment

щих протекание рабочего процесса двигателя, –

максимальная скорость нарастания давления $\frac{dP}{d\alpha} \max$

(рис. 4). Этот параметр определяет характер протекания процесса сгорания от момента времени, соответствующего отрыву кривой давления от политропы сжатия индикаторной диаграммы (α_c – момент самовоспламенения) до момента достижения давления максимальной величины (α_z), характеризует жесткость работы двигателя в процессе сгорания топлива, а следовательно, и его шумность. Кроме того, он свидетельствует об интенсивности тепловыделения, указывая на предельные возможности при достижении мощностных показателей.

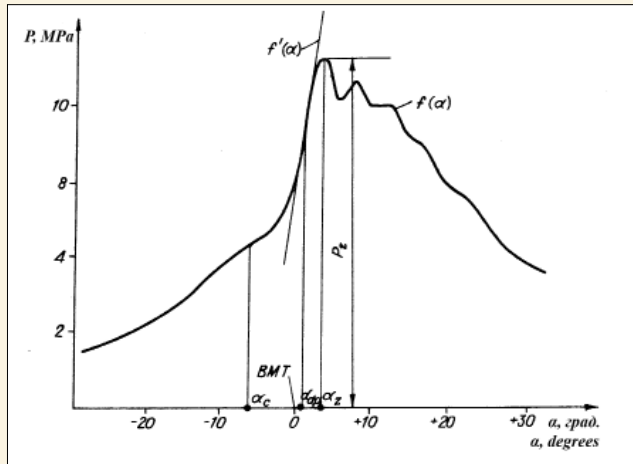


Рис. 4. Индикаторная диаграмма дизеля

Fig. 4. Indicator diagram of a diesel engine

На рисунке 4 приведена индикаторная диаграмма реального дизеля, представляющая собой функцию давления $f(\alpha)$.

При этом максимальная скорость нарастания давления на участке кривой давления от α_c до α_z равна:

$$f'(\alpha)_{\max} = \frac{dP}{d\alpha} \max. \quad (1)$$

Соответствующий момент по углу поворота коленчатого вала (УПКВ) ДВС, при котором

$$f'(\alpha) = f'(\alpha)_{\max}, \text{ запишем как } \alpha_{dp}.$$

Применяя к функции $f(\alpha)$ в окрестности α_{dp} преобразование Тейлора и пренебрегая членами разложения второго порядка и выше, так как $f''(\alpha_{dp} - \Delta\alpha) \approx 0$, можно производную текущего давления представить в конечных приращениях, то есть $f'(\alpha) \approx \frac{\Delta P}{\Delta\alpha}$, а для окрестности α_{dp} это будет:

$$f'(\alpha_{dp}) = \frac{dP}{d\alpha} \max \approx \frac{\Delta P}{\Delta\alpha}. \quad (2)$$

Учитывая, что большинство АЦП имеют функцию преобразования двоичного вида, числитель выражения (2) можно представить в виде:

$$\Delta P = \Delta p \left(\sum_{k=1}^n 2^{k-1} - \sum_{l=1}^n 2^{n-l} \right), \quad (3)$$

где ΔP – величина давления индикаторной диаграммы, на которую она изменится при изменении α на $\Delta\alpha$;

Δp – номинальная цена наименьшего разряда АЦП (шаг квантования);

$\sum_{k=1}^n 2^{k-1}$ – код, определяющий величину давления в конце интервала $\Delta\alpha$;

$\sum_{l=1}^n 2^{n-l}$ – код, определяющий величину давления в начале интервала $\Delta\alpha$.

Используя выражения (2) и (3), величины шага квантования можно представить как функцию:

$$\Delta p = \frac{f'(\alpha)_{\max}}{\left(\sum_{k=1}^n 2^{k-1} - \sum_{l=1}^n 2^{n-l} \right)} \cdot \alpha. \quad (4)$$

При определении необходимого шага квантования представляется целесообразным для выражения (2) считать, что погрешность вычисления производной в основном определяется квантованием. Тогда на основании теоремы об абсолютной погрешности разности при получении необходимого метрологического запаса; равенстве случайной составляющей погрешности и систематической составляющей и при условии, что дополнительные погрешности менее половины систематической составляющей погрешности, абсолютная погрешность измерения производной равна:

$$\Delta f'(\alpha) \leq \frac{2\Delta P}{\Delta\alpha}. \quad (5)$$

При этом относительная погрешность δ_{dp} с учетом (1)-(3) и (5) составит:

$$\delta_{dp} \geq \frac{2}{\left(\sum_{k=1}^n 2^{k-1} - \sum_{l=1}^n 2^{n-l} \right)}. \quad (6)$$

Следовательно, код, определяющий изменение давления за интервал $\Delta\alpha$, будет равен:

$$\left(\sum_{k=1}^n 2^{k-1} - \sum_{l=1}^n 2^{n-l} \right) \approx \frac{2}{\delta_{dp}}. \quad (7)$$

В ходе преобразований получаем:

$$\Delta p = \frac{\Delta\alpha f'(\alpha)_{\max} \delta_{dp}}{2}. \quad (8)$$

С другой стороны, величину шага квантования можно задать через максимальную измеряемую величину давления (в нашем случае это P_z):

$$\Delta P = \frac{P_z}{2N}, \quad (9)$$

где N – число уровней квантования АЦП.

Число уровней квантования, а следовательно, и разрядность АЦП, определяется как:

$$N = \frac{P_z}{f'(\alpha)_{\max} \delta_{dp} \Delta\alpha}. \quad (10)$$



Рис. 5. Схема исследовательского комплекса
Fig. 5. Scheme of a research facility

Результаты и обсуждение. Таким образом, разрядность и число уровней квантования АЦП можно выбирать исходя из априорных знаний об объектах исследований, а именно: на практике необходимо знать предельные значения P_z и $f/(\alpha)_{\max}$ для режимов холостых оборотов и максимальной нагрузки двигателей.

При обосновании шага дискретизации погрешность измерения должна быть не более 0,1 МПа/град. [7]. Учитывая это, а также результаты наших исследований, где $\Delta\alpha = 0,1$ град. (УПКВ ДВС), и предполагая работу двигателя на переходных режимах, необходимо иметь 12-разрядный АЦП. Для передачи этого значения в виде обменного слова в информационном потоке необходимы 2 байта. Исследование рабочих процессов ДВС на переходных режимах достигает 200 рабочих циклов. При этом в каждом цикле для анализа используются 360° (УПКВ ДВС). Общий объем информации в потоке $Q = (360/0,1) \cdot 200 \cdot 2 (\text{байта}) = 720$ байт за 1 цикл.

Объем информации (в гигабайтах), полученный в результате записи данных, используется для обработки и построения зависимостей влияния исследуемых факторов. С помощью экспресс-технологии программирования и модульной архитектуры технических средств сбора данных в СибФТИ разработаны технические решения для усовершенствования информационно-измерительной системы регистрации быстропеременных процессов в ДВС, а также методика организации их хранения [8, 9]. С использованием того же принципа программирования создана модель «виртуальной лаборатории» испытания дизельного двигателя, в которой моделирование объекта исследования осуществляется по экспериментальным данным уже заре-

гистрированных физических процессов в натурном эксперименте.

Исследовательский комплекс, представленный на рисунке 5, включает двигатель 4Ч10,5/12 (Д-144) и электрическую обкаточно-тормозную установку DS-932-4/N [10-15].

Многофункциональное устройство сбора данных NI PCI-6251 обеспечивает регистрацию быстропеременных процессов. С помощью ПО LabVIEW выполняется настройка конфигурации и свойств платы NI PCI-6251. Драйвер платы осуществляет считывание буферной памяти и загрузку измерительных данных в оперативную память ПК в режиме прямого доступа. Блок синхронизации обеспечивает согласование с работой ДВС данных по аналоговым и дискретным каналам для ввода измерительной информации. Схема взаимодействия аппаратных средств и блоков программного обеспечения в исследовательском комплексе показана на рисунке 5. Регистрация быстропеременных физических процессов в ДВС реализована в виде виртуального прибора. Программное обеспечение делает возможной регистрацию данных, отображает физические процессы (одновременно до четырех). Программа реализует два режима работы: наблюдение за физическими процессами и регистрацию с записью в файл.

Программное обеспечение имеет модульную архитектуру. Последовательное выполнение алгоритмов модулей представляет собой моделирование результатов эксперимента, а изменение входных данных – моделирование процесса испытания двигателя (плана эксперимента). В итоге обеспечивается возможность повторить весь процесс испытания двигателя получением скоростных и нагрузочных его характеристик и одновременной «регистрацией» (расчетом данных) физических процессов для уровней факторов, установленных в соответ-

ствии с планом экспериментальных исследований.

При функционировании «виртуальной лаборатории» выполняется процедура поиска данных, зарегистрированных в натурном эксперименте при значениях уровней факторов, устанавливаемых пользователем на входных терминалах. Это значения факторов 1, 2, 3 и 4 (рис. 6).

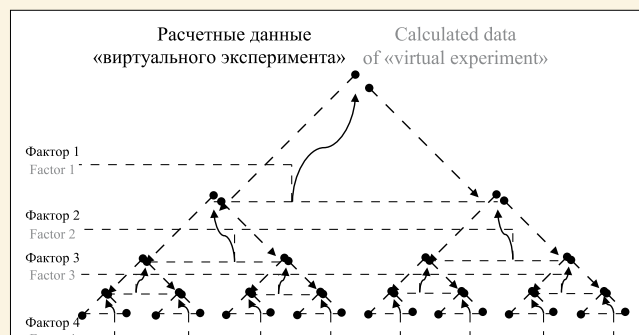


Рис. 6. Схема функционирования «виртуальной лаборатории»:

↘ – поиск файлов (нисходящее направление);

↗ – расчет данных (восходящее направление)

Fig. 6. Scheme of «virtual laboratory» functioning:

↘ – search of files (top-down direction);

↗ – calculation of data (bottom-up direction)

Выделяется отрезок, ограниченный точками уже полученных результатов в натурном эксперименте в зависимости от значения уровня верхнего фактора (фактор 1), для которого необходимо определить значения расчетных данных (верхняя точка на рисунке). Учитывая, что эти значения зависят и от остальных факторов, нужно эту же процедуру выполнить на других вложенных уровнях, соответствующих факторам 2, 3 и 4. На нижнем уровне выделяются конкретные два файла с данными натурных экспериментов (предыдущего измерения и последующего) в различном сочетании факторов. Таким образом, модуль формирования запроса к данным определяет путь к 16 файлам (для 4-факторного эксперимента), в которых требуется выполнить преобразование данных.

Второй модуль интерполирования данных эксперимента работает по обратной схеме: это движение показано на рисунке 6 сплошными криволинейными стрелками. В зависимости от установленного пользователем текущего уровня фактора определяется коэффициент интерполирования на каждом из отрезков соответствующих факторов и выполняется преобразование данных, содержащихся в файлах (ближайшего предыдущего и ближайшего следующего). В точках при интерполировании образуется результат расчетных данных для фактора 3, затем фактора 2, фактора 1 и в итоге получаем одну точку рассчитанных данных в «виртуальном эксперименте».

альном эксперименте».

Как видим, движение вниз по схеме означает поиск данных натурных экспериментов, а вверх – расчет данных «виртуального эксперимента». Полученный результат используется также для анализа физического процесса путем дифференцирования и интегрирования.

В исследуемой области зарегистрированы только крайние состояния этой области, и значения физических процессов будут изменяться скачкообразно при переходе на уровень или на фактор. Необходимо увеличить число интервалов варьируемых факторов, чтобы снизить этот эффект. Однако это влечет за собой нерациональное число экспериментов. Поэтому внутри полученной области применяется аппроксимация. При линейном интерполировании внутри текущего интервала задача сводится к определению линейных коэффициентов интерполирования. Схема определения коэффициентов интерполирования для текущего значения данных эксперимента показана на рисунке 7.

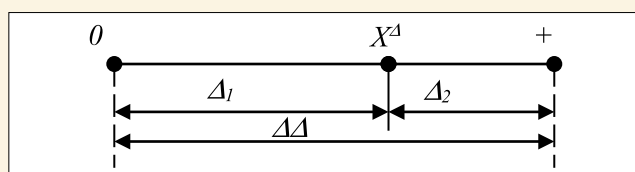


Рис. 7. Схема определения коэффициентов интерполирования для текущего значения данных эксперимента:

$\Delta\Delta$ – интервал варьирования фактора между уровнями «0» и «+»;

X^Δ – текущее значение установленного уровня фактора

Fig. 7. Scheme of determination of interpolating coefficients for the current value of data of experiment:

$\Delta\Delta$ – factor variation interval between the 0 and + levels;

X^Δ – current value of the established level of a factor

Текущее значение данных эксперимента X^Δ в интервале варьирования уровней фактора определяется как сумма произведений значений зарегистрированных данных эксперимента для точек «0» и «+» на коэффициент интерполирования соответственно:

$$X^\Delta = X^0 \cdot \Delta_2 / \Delta\Delta + X^+ \cdot \Delta_1 / \Delta\Delta.$$

Данную процедуру необходимо выполнить на всех уровнях (рис. 8).

В общем случае данные могут содержать функции, как зависящие на оси времени от значения фактора, так и нет. Зависимые для преобразования данные следует разделить на компоненты, обработать по отдельности и соединить в итоговый результат интерполирования.

Выводы. Создан программный модуль для расчета модельных данных, интегрирующий методику извлечения данных многофакторного экспери-

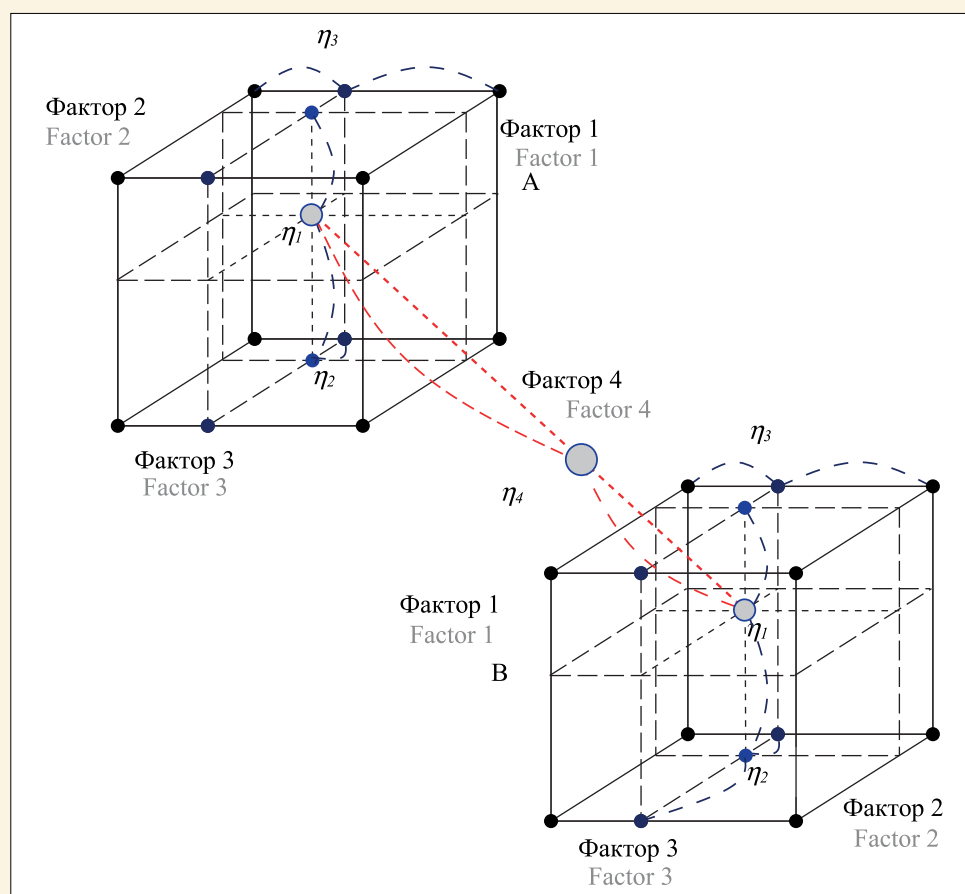


Рис. 8. Схема расчета «виртуальных данных» по 4 факторам:

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ – коэффициенты интерполирования внутри исследуемых отрезков соответствующих факторов:

A и B – исследуемая область ближайшей группы экспериментов 3-факторного пространства:

A – предыдущей; B – следующей

Fig. 8. Scheme of calculation of «virtual data» on 4 factors:

$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ – interpolating coefficients in the studied intervals of the corresponding factors:

A and B – the studied area of the nearest group of experiments of 3-factorial space:

A – previous; B – following

мента и методику линейного интерполирования зарегистрированных процессов внутри элементарного пространства, ограниченного вершинами гиперкуба натурального эксперимента.

Методики определения и анализа диагностических параметров представляют собой полноценную экспериментальную (лабораторную) работу по изучению теоретических вопросов работы дизельного двигателя.

Разработанный программный продукт «Виртуальная лаборатория испытания дизелей» позволит сократить время подготовки специалистов в области двигателестроения и эксплуатации дизельных энергетических установок, а также снизить трудовые и материальные затраты на проведение исследовательских испытаний дизельных двигателей [14].

Представленная информационная модель явля-

ется новым видом коммуникации исследователя и практика, их связи вида: наука – технологии – инновация [15]. Одним из таких инновационных технологий может служить разработанный в СибФТИ метод определения энергетического потенциала ДВС.

Перечисленные особенности и методы измерения и обработки информации в эксплуатации рассматриваются как динамические системы, заключающиеся в измерении процессов динамики угловых скорости ω и ускорения ϵ коленчатого вала на переходных режимах. Этот метод заключается в тестовом циклическом воздействии (динамический тест) на двигатель подачи топлива от минимального уровня до максимального уровня. При этом коленчатый вал ускоряется и замедляется между установившимися режимами. Такой способ позволяет построить динамическую характеристику двигателя, по параметрам которой определяются динамические свойства и мощность ДВС, что помогает развивать новые методы диагностирования.

Поэтому перспективными являются методы оперативного контроля по динамическим свойствам двигателя. В частности, P. Falcone в 2003 г. предложил для дизеля с турбонаддувом BMW AID47 модель расчета мгновенных значений крутящего момента с использованием динамических испытаний для идентификации двигателя [16]. В 2004 г. E. Gani показал, что взаимосвязь крутящего момента и скорости коленчатого вала, хоть и является нелинейной, но адекватно коррелируется регрессионными зависимостями и имеет важное значение для диагностики двигателя [17]. F. Mocsanu предложил алгоритм расчета угла опережения зажигания и впрыска топлива по измеренным значениям скорости коленчатого вала на основе модели динамики [18].

Однако случайность процессов подачи топлива и его сгорания от цикла к циклу, а также процессов трения в сопряжениях ДВС вызывают случайные отклонения угловых скорости и ускорения коленчатого вала $\omega(t)$ и $\varepsilon(t)$ от их средних значений. Это приводит к необходимости рассматривать измеряемые процессы как аддитивную совокупность полезного информативного (диагностического) про-

цесса и помех [19-20] путем моделирования с использованием представленной авторами информационной модели.

Таким образом, применение этой информационной модели в совокупности такого комплексного параметра, как мощность машин, позволяет оценить их потенциал и его использование в системе сельскохозяйственных объектов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Губарев В.В. Концептуальные основы информатики: Уч. пособие: – Новосибирск: НГТУ, 2001. Ч. 1. 149 с.
2. Сладкова О.Б., Пирумова Л.Н. Пирумов А.А. Проблемы использования сетевых информационных ресурсов в области сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2015. N 3. С. 59-64.
3. Альт В.В. Контроль и управление параметрами тракторных двигателей в эксплуатационных условиях: Автореф. дисс. докт. техн. наук. Новосибирск, 1995. 27 с.
4. Завражнов А.И., Огородников П.И. Биотехнические системы в агропромышленном комплексе. М.: Университетская книга, 2011. 412 с.
5. Альт В.В., Савченко О.Ф., Гурова Т.А. и др. Создание и использование компьютерных информационных систем в сельском хозяйстве. Новосибирск [б.и.], 2005. 126 с.
6. Альт В.В. Информационные технологии в инновационном развитии АПК Сибири // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2013. N2. С. 20-23.
7. Альт В.В. Система регистрации и анализа индикаторных диаграмм двигателей внутреннего сгорания // Развитие технических средств диагностики машин и механизмов. Новосибирск, 1985. С. 11-17.
8. Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н., Рихтер В.А. Автоматизация экспериментальных исследований двигателей внутреннего сгорания // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2008. N9. С. 82-91.
9. Савченко О.Ф. Экспертиза технического состояния ДВС на основе интеллектуального анализа данных // Труды ГОСНИТИ. 2008. Т. 101. С. 96-103.
10. Савченко О.Ф., Добролюбов И.П., Альт В.В., Ольшевский С.Н. Автоматизированные технологические комплексы экспертизы двигателей. Новосибирск, 2006. 272 с.
11. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Альт В.В. Измерительная экспертная система для определения технического состояния двигателей внутреннего сгорания // Приборы и системы управления. 1998. N12. С. 56-59.
12. Суранов А.Я. LabVIEW 8.2: Справочник по функциям. М.: ДМК Пресс, 2007. 536 с.
13. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. М.: ДМК Пресс, 2008. 880 с.
14. Ольшевский С.Н., Савченко О.Ф. Разработка модели представления знаний для экспертной системы обнаружения неисправностей ДВС // Машинно-технологическое, энергетическое и сервисное обеспечение сельхозтоваропроизводителей Сибири: Материалы международной научно-технической конференции, Краснообск, 9-11 июня 2008 г. Новосибирск: СО РАС-ХН, 2008. С. 191-195.
15. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф. Применение компьютерных обучающих систем в учебных курсах НГАУ // Проблемы современного высшего аграрного образования: Материалы научно-методической конференции, Новосибирск, 25-28 апреля 2000 г. Новосибирск: НГАУ, 2000. С. 43.
16. Falcone P., De Gennaro M.C., Fiengo G., Glielmo L., Santini S., Langthaler P., et al. Torque generation model for Diesel Engine. Decision and Control. Vol. 2, 42nd IEEE Conference; 2003: 1771-1776.
17. Gani E., Manzie C. Intelligent computing methods for indicated torque reconstruction. Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing Conference; 2004: 259-264.
18. Mocanu F., Taraza D. Estimation of Main Combustion Parameters from the Measured Instantaneous Crankshaft Speed. SAE Technical Paper 2013-01-0326, 2013, doi:10.4271/2013-01-0326.
19. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Alt V.V., Olshevskiy S.N. Development of a modifiable computer model for internal combustion engine. *Computational Technologies*; 2013; vol. 18; 6: 54–61.
20. Alt V.V., Olshevsky S.N., Klimenko D.N., Borisov A.A. Determination of internal combustion engine power in a dynamic way using the methodology of analysis of stochastic processes; 2014, APEIE 2014: 255-258.

REFERENCES

1. Gubarev V.V. Kontseptual'nye osnovy informatiki [Conceptual fundamentals of informatics]. Novosibirsk: NGTU, 2001; 1: 149. (In Russian)
2. Sladkova O.B., Pirumova L.N., Pirumov A.A. Problems of use of network information resources in agriculture. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2015; 3: 59-64. (In Russian)
3. Alt V.V. Kontrol' i upravlenie parametrami traktornykh

dvigateley v ekspluatatsionnykh usloviyakh [Control and management of parameters of tractor engines in operational conditions]: Avtoref. disc. dokt. tekhn. nauk. Novosibirsk, 1995: 27. (In Russian)

4. Zavrazhnov A.I., Ogorodnikov P.I. Biotekhnicheskie sistemy v agropromyshlennom komplekse [Biotechnical systems in agroindustrial complex]. Moscow: Universitetskaya kniga, 2011: 412. (In Russian)

5. Alt V.V., Savchenko O.F., Gurova T.A., et al. Sozдание i ispol'zovanie komp'yuternykh informatsionnykh sistem v sel'skom khozyaystve [Creation and use of computer information systems in agriculture]. Novosibirsk, 2005: 126. (In Russian)

6. Alt V.V. Information technologies in innovative development of agrarian and industrial complex in Siberia. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii*. 2013; 2: 20-23. (In Russian)

7. Alt V.V. Sistema registratsii i analiza indikatornykh diagramm dvigateley vnutrennego sgoraniya [System of registration and analysis of indicator diagrams of internal combustion engines]. *Razvitie tekhnicheskikh sredstv diagnostiki mashin i mekhanizmov*. Novosibirsk, 1985: 11-17. (In Russian)

8. Savchenko O.F., Olshevsky S.N., Rikhter V.A. Automation of research tests of internal combustion engines. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki*. 2008; 9: 82-91. (In Russian)

9. Savchenko O.F. Ekspertiza tekhnicheskogo sostoyaniya DVS na osnove intellektual'nogo analiza dannykh [Examination of technical condition of internal combustion engine on basis of data intellectual analysis]. *Trudy GOSNITI*. 2008; Vol. 101: 96-103. (In Russian)

10. Savchenko O.F., Dobrolyubov I.P., Alt V.V., Olshevskiy S.N. Avtomatizirovannye tekhnologicheskie kompleksy ekspertizy dvigateley [Automated technological complexes of engines examination]. Novosibirsk, 2006: 272. (In Russian)

11. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Alt V.V. Measuring expert system for definition of technical condition of internal combustion engines. *Pribory i sistemy upravleniya*. 1998; 12: 56-59. (In Russian)

12. Suranov A.Ya. LabVIEW 8.2: Spravochnik po funktsiyam [LabVIEW 8.2: function reference]. Moscow: DMK Press, 2007: 536. (In Russian)

13. Travis J., Kring J. LabVIEW dlya vseh [LabVIEW

for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun. Moscow: DMK Press, 2008: 880. (In Russian)

14. Olshevskiy S.N., Savchenko O.F. Razrabotka modeli predstavleniya znaniy dlya ekspertnoy sistemy obnaruzheniya neispravnostey DVS [Development of knowledge representation model for expert system of detection of malfunctions of internal combustion engine]. *Mashinno-tekhnologicheskoe, energeticheskoe i servisnoe obespechenie sel'khozovaroizvoditeley Sibiri: Materialy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*, Krasnoobsk, 9-11 iyunya 2008 g. [Machine and technological, power and service supply for agricultural producers in Siberia: Proceedings of the International scientific and technical conference, Krasnoobsk, 9-11 June 2008]. Novosibirsk: SO RASKhN, 2008: 191-195. (In Russian)

15. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F. Primenenie komp'yuternykh obuchayushchikh sistem v uchebnykh kursakh NGAU [Use of computer training systems in training courses of NGAU]. *Problemy sovremennogo vysshego agrarnogo obrazovaniya: Materialy nauchno-metodicheskoy konferentsii*, Novosibirsk, 25-28 aprelya 2000 g. [Problems of modern university agrarian education: Proceedings of the scientific and methodical conference, 25-28 April 2000]. Novosibirsk: NGAU, 2000: 43. (In Russian)

16. Falcone P., De Gennaro M.C., Fiengo G., Glielmo L., Santini S., Langthaler P., et al. Torque generation model for diesel engine. *Decision and Control*. Vol. 2, 42nd IEEE Conference; 2003: 1771-1776. (In English)

17. Gani E., Manzie C. Intelligent computing methods for indicated torque reconstruction. *Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing Conference*; 2004: 259-264. (In English)

18. Mocanu F., Taraza D. Estimation of Main Combustion Parameters from the Measured Instantaneous Crankshaft Speed. *SAE Technical Paper 2013-01-0326*, 2013, doi:10.4271/2013-01-0326. (In English)

19. Dobrolyubov I.P., Savchenko O.F., Alt V.V., Olshevskiy S.N. Development of a modifiable computer model for internal combustion engine. *Computational Technologies*; 2013; vol. 18; 6: 54-61. (In English)

20. Alt V.V., Olshevsky S.N., Klimenko D.N., Borisov A.A. Determination of internal combustion engine power in a dynamic way using the methodology of analysis of stochastic processes; 2014, APEIE 2014: 255-258. (In English)

Критерии авторства. Все авторы несут ответственность за представленные в статье сведения и плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Contribution. The authors are responsible for information and plagiarism avoiding.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.