



ИНТЕРВАЛЬНЫЕ ИТЕРАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ АДАПТАЦИИ

В.Я. Ротач (МЭИ)

Рассматривается итерационный алгоритм адаптации, на каждом шаге которого оценивается комплексная частотная характеристика объекта в пределах необходимого для надежной настройки регулятора интервала частот.

В публикациях по теории автоматического управления обычно принято относить адаптивные системы управления к особому классу систем, предназначенных для управления объектами, свойства которых непредвиденно меняются во времени. Предполагается, что эффект адаптации в таких системах достигается путем накопления и обработки информации о свойствах объекта в процессе его нормального функционирования.

В [1 – 3] было, однако, показано, что с позиций системного подхода практически все обычные системы автоматического управления (САУ) производственными процессами должны быть отнесены к системам с неполной информацией о модели объекта и, следовательно, необходимость в адаптации имеет всеобщий характер. Косвенно это утверждение подтверждается практикой проектирования обычных САУ, окончательные результаты формального синтеза которых (в виде численных значений параметров настройки регуляторов) никогда в проектах не приводятся. Молчаливо предполагается, что вводу САУ в действие будет еще предшествовать работа наладчиков, которые собственно и выполняют неформализованную ("ручную") процедуру адаптации. Таким образом, адаптация должна рассматриваться как составная (заключительная) часть синтеза практически всех САУ производственными процессами, и задача разработки адаптивных систем, в сущности, сводится к задаче формализации интеллектуальной деятельности наладчиков. Кроме того, поскольку удовлетворительная оценка модели объекта в условиях действия случайных помех и возмущений производится методами математической статистики по единственному экземпляру объекта, изменение свойств объекта, если оно существует, должно происходить крайне медленно, чтобы в процессе выполнения адаптации объект мог считаться стационарным. Попутно подчеркнем, что вне области применения адаптации остается относительно быстрое изменение свойств объекта вследствие оперативных, предусмотренных регламентом факторов, например, вследствие изменения его нагрузки. Строго говоря, в этих случаях никакого изменения свойств объекта может и не происхо-

дить — меняется лишь принятая при расчетах его (обычно линейная) модель. Учет подобных изменений обычно удается достаточно успешно выполнить применением соответствующих корректирующих связей в структуре системы.

Неполнота априорной информации о модели системы связана как с техническими причинами — трудно учитываемыми отличиями свойств реальной аппаратуры управления от принятой при расчетах, так и причинами принципиального характера, а именно невозможностью корректно сформулировать критерий приближения расчетной модели объекта к действительности на стадии проектирования. Адаптацию приходится спорадически выполнять также по мере необходимости и в процессе последующей работы САУ, вследствие неизбежного изменения свойств элементов системы хотя бы по причине их старения.

Системный анализ выявил еще одну проблему — была показана невозможность получения модели объекта путем пассивного наблюдения за его поведением в процессе нормального функционирования [1 – 4], что потребовало разработки соответствующих активных методов идентификации. Но так как активный эксперимент приводит к определенному нарушению нормального режима функционирования объекта, возникает задача оптимизации процедуры адаптации. В результате была разработана итерационная процедура адаптации [5 – 7], сущность которой состоит в следующем.

1. Задается структура так называемой *настраиваемой* модели объекта. Структура этой модели может быть относительно простой, поскольку ее работа заведомо происходит в существенном для системы диапазоне частот.

2. Система включается в работу при произвольных, но обеспечивающих ее безопасную с точки зрения устойчивости работу параметров настройки регулятора.

3. Постановкой активного эксперимента оцениваются параметры настраиваемой модели.

4. По полученной настраиваемой модели объекта обычным порядком определяются оптимальные параметры настройки регулятора, которые устанавливаются в регуляторе.

5. Эксперимент повторяется при этих новых параметрах настройки регулятора, что позволяет уточнить параметры настраиваемой модели объекта (возвратиться к п. 3). Повторение описанной итерационной процедуры происходит до тех пор, пока результаты экспериментов перестанут меняться.

К настоящему времени предложено несколько алгоритмов адаптации [3, 5, 6, 7], основанных на приближенной оценке векторов обычной и расширенной комплексных частотных характеристик (КЧХ) настраиваемой модели объекта:

1. алгоритм, использующий для оценки расширенной КЧХ переходную характеристику системы или ее свободное движение к состоянию равновесия;

2. алгоритм, в котором предусмотрена оценка обычной КЧХ вводом контура системы в режим автоколебаний путем включения в контур перед регулятором нелинейного элемента (обычно двухпозиционного реле);

3. алгоритм, в котором оценка обычной КЧХ производится подачей от внешнего генератора гармонического колебания.

Технически наиболее просто выполняется адаптация по первому алгоритму. Для этого достаточно работающую систему перевести на дистанционное управление, с максимальной скоростью переместить регулирующий орган в новое положение, вновь перевести систему в автоматический режим и записать процесс возвращения регулирующего органа в исходное положение. Естественно, что, хотя настройка регулятора в таком эксперименте может быть произвольной, но тем не менее она должна обеспечить устойчивость контура и, кроме того, собственное его движение должно иметь характер затухающих колебаний. Зафиксировав период и степень затухания колебаний, можно получить приближенную модель объекта с двумя свободными коэффициентами, по которой могут быть найдены оптимальные параметры настройки регулятора. Они устанавливаются в регуляторе, и эксперимент повторяется, причем посторонние экспериментальные производятся до получения устойчивых, мало отличающихся результатов. Недостаток этого метода, прежде всего, методологический — определять запас устойчивости контура системы по его переходной характеристике, строго говоря, можно только в системах, описываемых обыкновенными дифференциальными уравнениями второго порядка. Кроме того, метод весьма чувствителен к действию помех, поскольку оперирует с переходными процессами. Появление помехи делает результат эксперимента полностью непригодным для использования, так что его следует повторять сначала. Поэтому за исключением простых случаев преимущество следует отдать методам, в основу которых положены оценки обычных частотных характеристик, которые методологически безупречны и оперируют с установившимися колебаниями системы.

Успех процедуры адаптации зависит от сложности системы и оперативной настраиваемой модели обь-

екта. Вид этой модели обычно задается экспертно. Разработанные к настоящему времени методы адаптации ориентируются на оценку на каждом шаге процедуры адаптации только одной точки КЧХ объекта, что позволяет располагать настраиваемой моделью только с двумя свободными коэффициентами; подобные алгоритмы адаптации могут быть названы *точечными*. Опыт свидетельствует, что они обычно дают приемлемые результаты при настройке ПИ регуляторов.

Радикальным способом усовершенствования процедуры адаптации, в частности, для возможности настройки не только ПИ, но и ПИД регуляторов является переход к более сложной модели объекта, например, к модели с передаточной функцией [3, 7]:

$$W_{mod}(s) = \frac{k_{mod} \exp(-\tau_{mod} s)}{(\beta \tau_{mod} s + 1)^n}, \quad (1)$$

которая имеет четыре коэффициента.

Если адаптацию предполагается осуществлять по одной точке КЧХ, свободными следует оставить два из четырех параметров модели (1), причем такими параметрами целесообразно выбрать коэффициент передачи k_{mod} и время запаздывания τ_{mod} . Остальные два β и n фиксируются.

Для получения подобной модели можно пойти тем же путем, что и на предпроектной стадии, — оценить переходную характеристику объекта при включенном регуляторе. Однако методологическим более совершенным и к тому же практически более простым является другой способ построения модели: оценкой на каждом шаге итерационной процедуры движения к оптимуму значений КЧХ системы на двух частотах [3, 7], что позволяет приближать КЧХ модели на интервале, заключенном между этими частотами. Такие алгоритмы адаптации могут быть поэтому названы *интервальными*. Следует ожидать, что подобное усложнение каждого шага итерационной процедуры, в конечном счете, может оказаться более выгодным, чем применение точечных алгоритмов, поскольку более совершенная модель уменьшит общее число шагов адаптации при одновременном улучшении точности настройки.

Для надежной оценки КЧХ объекта при настройке ПИ и ПИД регуляторов указанные две частоты этой оценки должны ограничивать существенный для системы интервал частот, заключенный между частотой, близкой к частоте резонанса, и частотой, близкой к частоте пересечения КЧХ разомкнутого контура вещественной отрицательной полуоси. Определение интервала частот идентификации следует начать, применяя метод автоколебаний. Установив в регуляторе П закон регулирования, или установив в ПИ регуляторе достаточно большое значение постоянной времени интегрирования, можно получить оценку верхней грани частотного интервала КЧХ. Для оценки второй, меньшей частоты можно уменьшить постоянную времени интегрирования регулятора. Обычно нижняя частота существенного

диапазона должна быть в два-три раза меньше верхней, для чего следует выбрать постоянную интегрирования регулятора примерно вдвое меньше периода возникших автоколебаний. По найденным таким образом граничным частотам интервала КЧХ оцениваются параметры модели (1) и выполняется расчет настройки регулятора.

Оценка вектора КЧХ объекта при использовании метода автоколебаний производится из условия гармонического баланса для нелинейного элемента в виде двухпозиционного реле:

$$\frac{4c}{\pi A} R(j\omega) W_{\mu}(j\omega) = -1, \quad (2)$$

где: $R(j, \omega)$, $W_{\mu}(\omega)$ – КЧХ регулятора и объекта, c – амплитуда сигнала на выходе реле, A – амплитуда автоколебаний на входе в реле.

В дальнейшем целесообразно перейти к методу сигнального гармонического воздействия на систему, позволяющему непосредственно контролировать частоты колебаний с соблюдением найденного соотношения между ними. Ведущей на каждом очередном k -м шаге должна быть резонансная частота системы ω_{res} , полученная на предыдущем шаге, т.е. итерационный алгоритм поиска интервала частот может быть следующим:

$$\begin{aligned} \omega_{1,k} &= \omega_{res,k-1}; \\ \omega_{2,k} &= \delta \omega_{1,k}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\delta = \frac{\omega_{2,0}}{\omega_{res,0}}$; $\omega_{2,0}$, $\omega_{res,0}$ – верхняя и резонансная частоты, полученные при начальном выборе интервала частот.

Важным преимуществом адаптации при использовании такого метода является возможность, применяя известные статистические методы, отфильтровывать случайные помехи и возмущения.

Оценка вектора КЧХ подачей синусоидального колебания $u(t) = A_u \sin \omega t$ на вход системы производится обычным порядком по установившимся колебаниям на ее выходе:

$$y(t) = A_y \sin(\omega t + \varphi_y).$$

По этим данным оценивается вектор КЧХ замкнутого контура

$$\Phi_{yu}(j\omega) = A_{yu}(\omega) \exp[j\varphi_{yu}(\omega)], \quad (4)$$

где: $A_{yu}(\omega) = \frac{A_y}{A_u}$ – значение амплитудной частотной характеристики для частоты ω , а $\varphi_{yu}(\omega) = \varphi_y$ – значение фазовой частотной характеристики.

Оценку вектора КЧХ системы в этом случае удобно осуществлять по формулам для первой гармоники разложения выходных колебаний в ряд Фурье. Для этого целесообразно сразу разделить выходную величину на амплитуду входного синусоидального воздействия, после чего воспользоваться формулами:

$$a_1 = \frac{2}{T} \int_0^{mT} y(t) \sin \frac{2\pi}{T} t dt; \quad b_1 = \frac{2}{T} \int_0^{mT} y(t) \cos \frac{2\pi}{T} t dt. \quad (5)$$

Эти коэффициенты соответственно определяют вещественную $p(\omega)$ и мнимую $q(\omega)$ составляющие КЧХ системы для частоты $\omega = 2\pi/T$, по которым определяются модуль и аргумент КЧХ $\Phi_{yu}(j\omega)$ замкнутого контура системы:

$$\begin{aligned} A_{yu}(\omega) &= \sqrt{p^2(\omega) + q^2(\omega)}; \\ \varphi_{yu}(\omega) &= \begin{cases} \arctg \frac{q(\omega)}{p(\omega)} \text{ при } p(\omega) > 0; \\ -\frac{\pi}{2} \text{ при } p(\omega) = 0 \\ \arctg \frac{q(\omega)}{p(\omega)} - \pi \text{ при } p(\omega) < 0, \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

Вектор КЧХ объекта определяется по известной формуле:

$$W_{\mu}(j\omega) = \frac{1}{R(j\omega)} \frac{\Phi_{yu}(j\omega)}{1 - \Phi_{yu}(j\omega)}. \quad (7)$$

Обратим внимание, что в верхнем пределе формул (5) фигурирует не один, а m периодов колебаний. Таким способом удастся отфильтровать случайные помехи, наложенные на полезный сигнал. Выбор числа m может производиться предварительной оценкой корреляционной функции изменения регулируемой величины в процессе нормальной эксплуатации системы [3]. Можно принимать решение о прекращении эксперимента, наблюдая за оценкой КЧХ и фиксируя время, когда она практически перестанет меняться.

Пусть в результате экспериментов получены два вектора КЧХ объекта для частот ω_1 и ω_2 с соответствующими модулями и аргументами: A_1 , A_2 , φ_1 , φ_2 ; тогда для передаточной функции (1) имеет место следующая система уравнений:

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{k_{mod}}{(\beta^2 \tau_{mod}^2 \omega_1^2 + 1)^{0,5n}}, \\ \varphi_1 &= -\arctg(\beta \tau_{mod} \omega_1) - \tau_{mod} \omega_1, \\ A_2 &= \frac{k_{mod}}{(\beta^2 \tau_{mod}^2 \omega_2^2 + 1)^{0,5n}}, \\ \varphi_2 &= -\arctg(\beta \tau_{mod} \omega_2) - \tau_{mod} \omega_2. \end{aligned} \quad (8)$$

После некоторых преобразований [3, 7] может быть получено уравнение для определения безразмерного параметра x :

$$\frac{2 \ln \frac{A_1}{A_2}}{\ln \frac{b^2 x^2 + 1}{x^2 + 1}} = \frac{\varphi_2 - b \varphi_1}{b \arctg x - \arctg(bx)}, \quad (9)$$

где: $b = \frac{\omega_2}{\omega_1}$.

Таким способом число уравнений сведено к одному, решение которого не представляет труда. После определения параметра x расчет параметров модели осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\varphi_2 - b\varphi_1}{b \arctg(x) - \arctg(bx)}; \\
 \tau_{mod} &= -\frac{1}{\omega_1} [\varphi_1 + n \arctg(x)]; \\
 \beta &= -\frac{x}{\tau_{mod} \omega_1}; \\
 k_{mod} &= A_1 (x+1)^{0,5n}.
 \end{aligned} \quad (10)$$

Получаемое значение n необязательно окажется целым числом. Расчет настройки регулятора по этой модели производится любым подходящим методом.

Пример

Порядок интервальной адаптации проиллюстрируем на примере системы с ПИ регулятором и объектом с передаточной функцией:

$$W_\mu(s) = \frac{\exp(-1,8s)}{(6s+1)(18s+1)}. \quad (11)$$

При этом будем пользоваться методами расчетов, изложенными в [3] и имеющимися там программами в среде *MathCad*, которые продублированы на сайте <http://acswww.mpei.ac.ru> под теми же номерами рисунков.

В регуляторе устанавливается постоянная времени интегрирования $T_i = 1000$, заведомо превышающая ее оптимальное значение, после чего он включается в работу совместно с двухпозиционным реле. В контуре системы немедленно возникают автоколебания, амплитуда которых может быть установлена на желаемом уровне подбором коэффициента передачи регулятора k_p и амплитуды выходных колебаний реле c . Результат моделирования автоколебаний в среде *MathCad* при $k_p = 10$ и $c = 1,5$ показан на рис. 1,а (программа в Internet на рис. 10.27). Из полученных графиков следуют следующие значения периода и амплитуды автоколебаний на входе реле: $T = 19,02$; $A = 1,48$ (частота колебаний $\omega = 0,33$), и по условию гармонического баланса (2) находится вектор КЧХ объекта: $W_\mu(j0,33) = 0,075 e^{j3,139}$.

Вторая точка КЧХ определяется уменьшением постоянной интегрирования регулятора с использованием той же программы. Заметно отличающееся от предыдущего значение периода автоколебаний (рис. 1,б) $T = 30,94$ (частота колебаний $\omega = 0,203$) с амплитудой $A = 3,775$ возникло при $T_i = 8$, что дает следующее значение вектора КЧХ объекта $W_\mu(j0,203) = 0,168 e^{j2,59}$. Решение уравнения (9) и расчеты по формулам (10) дают следующие значения коэффициентов настраиваемой модели (могут быть использованы программы из Internet на рис. 10.25, 10.29): $\tau_{mod} = 2,386$; $k_{mod} = 0,97$; $\beta = 5,168$; $n = 1,768$. Примем критерием оптимальности настройки регулятора максимум фильтрующих свойств системы к низкочастотным возмущениям при ограничении на запас устойчивости по частотному показателю колебательности $M \leq 1,55$ [3]. Расчет настройки можно выполнить по вспомогательной функции (программа из Internet на рис. 5.11); его результат: $k_p = 2,419$, $T_i = 16,15$ при резонансной частоте

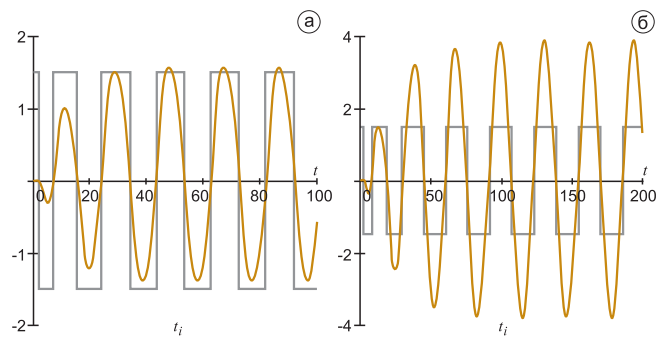


Рис. 1

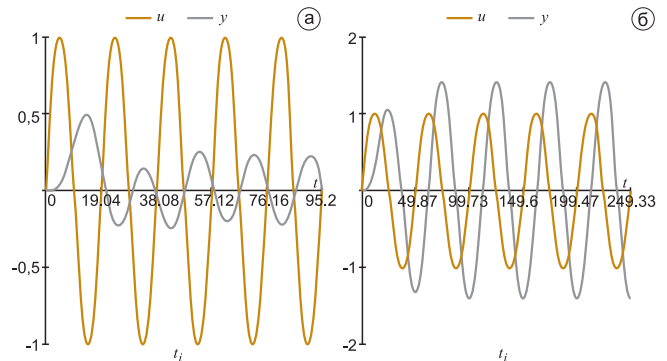


Рис. 2

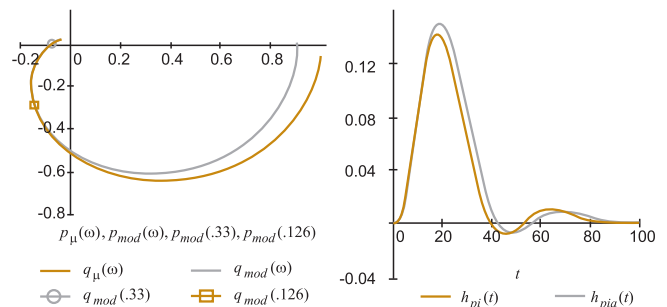


Рис. 3

Рис. 4

$\omega_{res} = 0,126$. Уточнение произведено с помощью гармонического сигнала воздействия. Для моделирования такого эксперимента может быть использована программа Internet на рис. 10.19, в которую целесообразно добавить вычисление векторов КЧХ объекта по формуле (7), взятое из программ на рис. 10.20. При выборе частотного интервала оценки КЧХ высшую частоту следует оставить прежней $\omega_2 = 0,33$, а низшую выбрать равной полученной резонансной частоте $\omega_1 = 0,126$. На рис. 2,а показаны графики моделирования входных и выходных колебаний системы с частотой ω_2 , а на рис. 2,б – с частотой ω_1 . Применение формул (5)–(7) в первом случае дало результат: $A_\mu = 0,075$; $\varphi_\mu = -3,107$, а во втором: $A_\mu = 0,322$; $\varphi_\mu = -2,034$.

В результате повторного применения программы рис. 10.25 Internet для этих данных получаются следующие значения коэффициентов интервальной модели: $\tau_{mod} = 2,186$; $k_{mod} = 0,904$; $\beta = 5,288$; $n = 1,815$. На рис. 3 показаны годографы КЧХ действительного объекта (11) пунктиром и полученной настраиваемой модели (1) сплошной кривой с обозначением ча-

стот интерполирования "кружком" и "коробочкой", которые очень хорошо совпадают в существенной области частот (в пределах третьего квадранта комплексной плоскости). Повторный расчет параметров настройки ПИ регулятора дает следующий результат (рис. 5.11 Internet): $k_p = 2,355$; $T_i = 15,536$ при резонансной частоте $\omega_{res} = 0,129$.

При использовании рассмотренного алгоритма адаптации в последующей эксплуатации САУ выбор высшей частоты интервала частот на каждом шаге итерационной процедуры выбирается по формуле (3), в которой следует принять $\delta = 0,33/0,129 = 2,6$.

Для заключения о пригодности рассмотренного алгоритма выполнен расчет настройки регулятора по исходной передаточной функции объекта (1). Результат такого расчета: $k_p = 2,672$, $T_i = 15,753$. Графики процессов регулирования при ступенчатом возмущении со стороны регулирующего органа приведены на рис. 4 (сплошная кривая — адаптивная настройка по

интервальной модели пунктир — настройка по действительной характеристике объекта).

Список литературы

1. Ротач В.Я. Расчет динамики промышленных автоматических систем регулирования. М.: Энергия. 1973.
2. Ротач В.Я. Об адаптивных системах управления с текущей идентификацией объектов // Автоматизация в промышленности. № 6. 2004.
3. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. М.: Изд. МЭИ. 2004.
4. Ротач В.Я. По поводу работ, связанных с идентификацией объектов в условиях их нормального функционирования // Автоматика и телемеханика. 1969. № 6.
5. Ротач В.Я. Об одном принципе построения простейших самонастраивающихся регуляторов. // Научные доклады высшей школы. Электромеханика и автоматика. № 1. 1958.
6. Ротач В.Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования. М.: Госэнергоиздат. 1961.
7. Ротач В.Я. (под ред.) Автоматизация настройки систем управления. М.: Энергоатомиздат. 1984.

Ротач Виталий Яковлевич — д-р техн. наук, проф. каф. "Автоматизированные системы управления тепловыми процессами" Московского энергетического института (технического университета).

E-mail: RotachVY@mpei.ru

HYDRA — это эффективное управление производством предприятия

Компанией "ИндаСофт" закончен первый этап локализации программного пакета HYDRA. Пользователи в России получили возможность работать в этой MES-системе на русском языке. В планах компании — продолжение работ по локализации ПО и документации пользователей системы.

MES-система HYDRA, разработанная компанией MPDV (Германия), воплощает инновационные решения для управления производством и повышения экономической эффективности промышленных предприятий. Эта система помогает ее пользователям учитывать скрытый потенциал предприятия, оптимально планировать процесс производства и рационально распределять ресурсы, что ведет к существенным сокращениям затрат, снижению себестоимости готовой продукции и, как результат, — к увеличению дохода предприятия.

Эффективное управление производством — задача каждого руководителя. Ориентированная на этот процесс HYDRA учитывает как машины и оборудование, на которых создается готовая продукция, так и все, что связано непосредственно с производством — ресурсы и их планирование, поставки сырья и наличие материалов, количество готовой продукции и ее качество, нагрузку на персонал и его доступность и т.д. Ориентируясь на дискретный тип производства, где наиболее важны учет времени выполнения, размер партий и количество штучно выпущенной продукции, HYDRA предоставляет преимущества для различных промышленных предприятий.

Будучи интегрированным и модульным решением для областей производства, контроля качества, управления материалами, инструментальным парком и персоналом HYDRA включает в себя множество функций по предоставлению информации, необходимой для управления и контроля производства, всестороннему анализу, оперативному планированию, управлению производственным цехом в целом, обмену данными как с системами верхнего уровня (ERP, EAM, TQM и др.), так и с системами для управления технологическими процессами (АСУ ТП, SCADA).

В составе HYDRA имеются сертифицированные интерфейсы к системам фирмы SAP, которые обеспечивают бесперебойный обмен данными с модулями этих систем. Кроме того, имеются интерфейсы и к другим системам управления предприятия. Благодаря модулям связи с внешними базами данных HYDRA

может взаимодействовать практически со всеми известными реляционными базами. Все это позволяет легко интегрировать ее в существующую IT-среду и обеспечить максимальное взаимодействие с существующими системами.

Для решения широкого круга задач разрабатываемая Система комплектуется различными аппаратными средствами сбора и вывода необходимой информации (датчики, контроллеры, сканеры, принтеры, штрих-кодовое оборудование, терминалы и др.), многие из которых протестированы в работающих системах и рекомендованы компанией-разработчиком для применения с HYDRA. Комплексный подход, применяемый фирмой "ИндаСофт", позволяет создавать Системы управления производством для решения любых производственных задач "под ключ".

Сегодня в мире на базе HYDRA установлено около 500 комплексных систем. В одних случаях это подсистемы сбора данных для ERP-систем, в других — самостоятельные системы для эффективного управления производственным циклом предприятий. HYDRA успешно используется как производственными компаниями средней величины, так и крупными транснациональными корпорациями. Среди пользователей HYDRA такие известные предприятия, как Thyssen Krupp, Diehl Metall, Fuchs, Craemer (Металлургия и металлообработка), Bomag, RUAG, Friedrich Hippe, HDW (Машиностроение), Egger, Hamberger, Finstral (Мебель и деревообработка), Legrand, Coroplast, Ninkaplast, Scholz, BKW, Cellpack, Alcan Pakaging (Изделия из пластмасс и упаковка), Knorr, Unilever, Hero, Meica, Loacker (Пищевая), Siemens, Bosch, Hella, Legrand, Pirelli (Электротехника и электроника) и др.

Являясь официальным партнером MPDV в СНГ и странах Балтии и имея десятилетний опыт работы, "ИндаСофт" разрабатывает и внедряет комплексные системы по автоматизации в разных областях промышленности, используя новейшие информационные технологии и программно-технические комплексы, среди которых и MES-системы на базе HYDRA.

Решения "ИндаСофт" успешно внедрены на производствах крупнейших предприятий. Среди клиентов компании — "Газпром", "Транснефть", "Лукойл", ТНК-ВР, "ЮКОС", "Северсталь", "Русский алюминий", "СВАЛ", "Фосагро", "Мосгортранс", "Мосэнерго", "Мосводоканал", "Очаково" и др.

<http://www.indusoft.ru/>