



КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ НАРУЖНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСА

**В.В. Поляков (Компания «ВВП Инжиниринг»), А.Н. Бабкин (ООО «Гринхаус»),
С.В. Ретунский, В.С. Кузьмин (Компания «ВВП Инжиниринг»),
Н.П. Орлов (Компания «О НП Стройавтоматика»)**

Система водоснабжения тепличного комплекса часто остается на периферии внимания как застройщика, так и проектных организаций. Обычно выполняется комплектное обустройство артезианских скважин (проект, оборудование и материалы, монтаж, автоматизация, наладка) с привлечением специализированной организации. К сожалению, реализованная по такому принципу в ООО «Гринхаус» система автоматизации скважин не справилась с реальными потребностями тепличного комплекса, что поставило под удар всю жизнедеятельность предприятия. Для устранения критических недостатков было решено реализовать распределенную систему автоматизации наружного водоснабжения с каскадным управлением скважинами.

Ключевые слова: тепличный комплекс, артезианская скважина, распределенная система автоматизации наружного водоснабжения, каскадное управление.

Описание объекта автоматизации

Тепличный комплекс «Гринхаус» предназначен для круглогодичного выращивания овощей (томаты, огурцы) и расположен в Белгородской области. Общая площадь комплекса — 50 Га.

Проектный расход воды на водоснабжение тепличного комплекса:

— 18,7 м³/ч, 69,3 м³/сут.— хозяйственно-питьевое водоснабжение (В1).

— 174,6 м³/ч, 1884 м³/сут.— производственное водоснабжение (В2).

Резервирование водоснабжения и покрытие залпового расхода выполняется обратным забором воды из прудов-накопителей дождевых стоков.

Водоснабжение тепличного комплекса обеспечивается артезианскими скважинами:

- хозяйственно-питьевое водоснабжение — две скважины производительностью 25 м³/ч каждая;
- производственно-противопожарное водоснабжение — четыре скважины производительностью 40 м³/ч каждая.

Первоначальное решение по автоматизации скважин

Первоначальная комплектация артезианских скважин (включая их автоматизацию) была выполнена по прямому заказу застройщика-инвестора специализированной организацией «под ключ».

Это решение обладало следующими характеристиками:

- на скважинах установлены станции управления и защиты насосных электродвигателей «Люцман», ко-

торые контролируют работу трехфазных погружных насосов и защищают асинхронные двигатели центробежных насосов от сбоев электропитания;

- включение/отключение насосов по сигналу электроконтактного манометра, который установлен в колодце каждой скважины после обратного клапана до отсечной задвижки основной магистрали. Принцип управления: на электроконтактном манометре (ЭКМ) выставлены минимальный и максимальный порог, при достижении минимального порога давления насос скважины включался, а при достижении максимального отключался. На каждой скважине задавались значения с разницей 0,2 атм. с одинаковой дельта. При разборе воды запускалась одна скважина. Если расход был большой, давление снижалось, включался дополнительно второй насос. Отключались насосы, как правило, одновременно при отсутствии расхода и повышении давления;
- автономное управление каждой скважиной;
- учет воды не автоматизирован, сбор данных выполняется персоналом при обходе;
- прямое включение двигателя насоса с помощью контактора;
- относительно низкая стоимость.

С течением времени проявились следующие недостатки такого решения.

- Частый выход насосов из строя, в том числе по вине ударных нагрузок на насос во время прямого пуска. Первый насос вышел из строя через 3 мес. эксплуатации. За год эксплуатации скважин было заменено три из четырех насосов производственного водоснабжения.

- Уязвимыми точками, подверженными наивысшим нагрузкам при прямом пуске насоса, в первую очередь являются колеса насоса и подпятник электродвигателя.

- Следствием постоянных гидроударов явились выходы из строя счетчиков воды скважин, разрушение резьбовых соединений пластиковых труб на трассе в самой теплице.

- При одновременном включении питьевых скважин резко возрастало давление, что приводило к частичному выходу из строя оборудования: в рассадном отделении на фильтрах срывало электромагнитные клапаны; появлялись течи в местах присоединения гидроаккумуляторов; не выдерживали повышения давления свыше 6 атм. конструкции труб ПВХ и т. п. Такие же проблемы были и с технологическими скважинами, скачки давления приводили к выходу из строя ЭКМ, которые и должны отключать насос по максимальной уставке.

- Отсутствие информации об авариях и ходе технологического процесса в реальном времени. Обход и осмотр скважин осуществлялся ежедневно. Часто возникали аварийные ситуации, когда из-за падения давления в системе водоснабжения (отключения скважин) персоналом производился дополнительный обход по всем скважинам, так как не было оперативной информации, какая именно скважина вышла из строя. Из-за частых отключений скважин персонал выезжал на площадку и в ночное время, и в выходные дни. Особые трудности у персонала возникали при ежедневном обходе для осмотра оборудования скважин и снятия показаний счетчиков воды при неблагоприятных метеоусловиях: дождь, снег, метель.

- Балансировка скважин осуществлялась путем периодической (1 раз в неделю) регулировкой нижних и верхних пределов на ЭКМ каждой скважины. Таким образом, расставлялись приоритеты, какая скважина должна включиться первой, второй и т. д.

- Низкая надежность штатной автоматики, основная причина — частый сбой работы ЭКМ. За время эксплуатации вышло из строя порядка девяти ЭКМ. При повышении давления ЭКМ не давал команду на отключение насоса скважины, что приводило к повышению давления в системе водоснабжения и к разрыву резьбовых соединений в теплице. И наоборот, при понижении давления не срабатывал нижний порог ЭКМ, и скважина просто не запускалась. Вторая причина — постоянно меняющийся расход и давление в водопроводе не позволял поддерживать заданные параметры по давлению.

Требования к новой системе автоматизации наружного водоснабжения (АНВ)

Руководством компании было принято решение внедрить принципиально другую систему автоматизации наружного водоснабжения. Были сформулированы требования к новой системе автоматизации наружного водоснабжения тепличного комплекса (АНВ ТК).

Надежность

- Устранение недостатков, приводивших к выводу из строя оборудования скважин.

- Наличие двух контуров управления — централизованного и автономного (при нарушении связи с главным шкафом каскада).

- Организация грозозащищенных сетей передачи данных между локальной вычислительной сетью тепличного комплекса (ЛВС ТК) и скважинами.

- Автономные шкафы скважин в уличном исполнении с соответствующей устойчивостью к осадкам, пыли и перепадам температур.

- Проверенное надежное аппаратное исполнение шкафов автоматизации.

- Схемотехнические решения, повышающие надежность и долговечность функционирования автоматики и насосов.

Экономичность

- Оптимизация расхода и давления на уровне всей системы водоснабжения.

- Плавный пуск насосов или частотное регулирование.

- Автоматизированный сбор данных технического учета воды.

Наглядность и оперативность

- Мнемосхемы на панели каскадного шкафа автоматизации.

- Возможность централизованного управления (из диспетчерской, без выхода в «поле» к скважине).

- Разработка обновленных томов рабочей документации.

Доступная цена

- Использование надежных компонентов экономсегмента.

- Применение достаточных технических решений.

Ввиду угрозы функционированию предприятия работы необходимо было выполнить в кратчайшие сроки.

Выполнение проекта было поручено компании «ВВП Инжиниринг».

Описание новой системы АНВ ТК

В соответствии с техническим заданием было решено реализовать комбинированную систему, совмещающую:

- централизованное каскадное управление под управлением шкафа управления каскадом скважин (ШУКС);

- автономный режим работы каждого шкафа (ШУС — шкаф управления скважиной) при отсутствии связи с главным шкафом каскада.

В норме ШУС работают в автоматическом каскадном режиме. Скважины В1 (2 ед.) образуют первый каскад, скважины В2 (4 ед.) — второй (рис. 1).

Алгоритм работы каскадов.

- ШУКС постоянно анализирует ситуацию; при пониженном значении давления в течение определенного времени выдается команда на включение нового насоса.

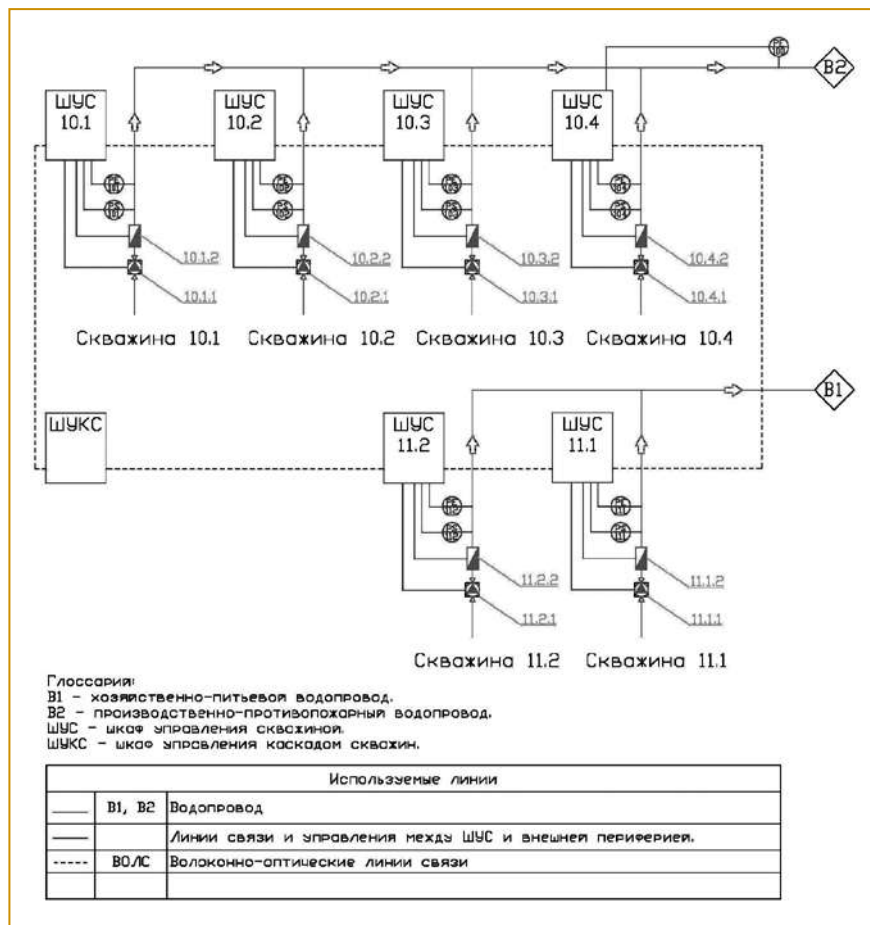


Рис. 1. Структурная схема системы АНВ ТК

• В случае повышенного давления выдается команда на отключение одного работающего насоса. Такой режим можно рассматривать как перемещение по ступеням. Упало давление, поднялись на первую ступень (включили один насос). Проверили, давления все еще не хватает — еще на ступень вверх (включаем второй насос). Давление в пределах нормы — остаемся на текущей ступи. Давление стало избыточным — спускаемся вниз на одну ступень (выключаем один насос).

Программа, реализующая каскадный алгоритм, решает еще несколько задач:

- балансировка работы каскадов для включения разных насосов;
- недопущение заиливания скважин;
- предотвращение повторного пуска насоса, если с момента остановки не прошло достаточно времени;
- автоматический ввод в работу резервного насоса (при аварийной остановке основного агрегата).

Поскольку управление каскадом происходит по сети, все шка-

- получать информацию о техническом учете добытой воды для каждой скважины.

фы (и ШУС, и ШУКС) постоянно анализируют сетевую доступность. В целях «борьбы за живучесть» водоснабжения в случае потери связи ШУС автоматически переходит в локальный режим и работает по показаниям датчика давления, установленного в скважине, а ШУКС исключает недоступную ШУС из каскада. При восстановлении связи каскадирование скважин восстанавливается автоматически.

Оперативный персонал с помощью панели оператора на ШУКС может:

- контролировать показания датчиков;
- получать уведомления о предупреждениях и авариях и квитировать их;
- просматривать архив журнала аварий и предупреждений;
- контролировать состояние скважин (работает, пауза после остановки, готова к работе, авария, в ручном режиме и т. п.);
- контролировать мгновенный расход каждой работающей скважины;
- изменять уставки и настройки;
- дистанционно запускать и останавливать насосы скважин;



Рис. 2. Реализация уличного шкафа управления

Компоновка уличных шкафов управления скважинами

Внутреннее наполнение шкафов управления скважинами (ПЛК, блок питания, устройство плавного пуска и т. п.) жестко ограничено температурными рамками, в которых оно должно функционировать. Также важной задачей шкафа является защита содержимого от внешних неблагоприятных факторов (атмосферные осадки, электромагнитные импульсы грозовых разрядов, насекомые, пыль и т. п.).

Первоначально рассматривался вариант использования готового термощкафа. Однако от этого варианта пришлось отказаться по причине высокой стоимости подобных изделий.

Тогда был разработан дизайн шкафов управления скважинами, решающий все вышеперечисленные проблемы — шкаф в шкафу (рис. 2):

- в относительно большом по размеру шкафу был размещен малый шкаф таким образом, чтобы между ними был достаточный воздушный зазор;

- внизу большого шкафа расположили силовые вводные шины, что позволило значительно сократить малый шкаф и ТЭН обогревателя, а над ними разместили малый шкаф.

Роль большого шкафа — защита от внешних неблагоприятных условий и создание внутренней воздушной теплоизолирующей прослойки. В боковых стенках большого шкафа предусмотрены отверстия для пассивной вентиляции, защищенные антимоскитной сеткой.

Малый шкаф вместил всю электрику и электронику, на его лицевой панели расположены индикаторы и органы управления. Шкаф снабжен системой активной вентиляции с противопылевыми фильтрами.

Схемотехника и аппаратное обеспечение шкафов автоматизации

Для надежной и долговечной работы автоматики и насоса скважины первостепенное значение имеет контроль входного напряжения. В проекте контролируется наличие каждой фазы и нейтрали, перекос фаз, фазные и линейные напряжения. При выходе параметров питающей сети за определенные границы, защитные цепи останавливают двигатель и обесточивают автоматику. При возврате параметров питающей сети в норму происходит автоматическое восстановление питания автоматики. Для дополнительной защиты на вводе в шкаф установлено устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). В случае срабатывания УЗИП и необходимости замены картриджа сигнал об этом заводится в ПЛК и передается по сети на панель оператора.

Одной из основных проблем, приводящих к выходу насосов из строя, является прямой пуск электродвигателя, для которого характерны ударные нагрузки на механическую и электрическую части насоса. Для снижения пусковых и коммутационных нагрузок было принято решение об использовании устройства плавного пуска (УПП). Поскольку специфических требований к УПП в данном проекте не предъявлялось, был подобран простой и надежный УПП компании АВВ. Для защиты двигателя насоса от перегрузки перед УПП предусмотрен автомат защиты двигателя с настройкой тока срабатывания.

В качестве управляющего контроллера использован ОВЕН ПЛК110 [M02] с модулем аналогового ввода с быстрыми входами для измерения унифицированных аналоговых сигналов MB110—24.8 AC. Это довольно мощный ПЛК новой модификации, обеспечивающий высокое быстродействие. ПЛК постоянно находится в сети и обменивается данными, поэтому сетевые возможности линейки M02 сыграли решающую роль при выборе. Кроме этого, подобные контроллеры, уже используемые в ТК Гринхаус, зарекомендовали себя как надежный и относительно недорогой продукт.



Рис. 3. Эргономика шкафа автоматизации

Кроме того, в проекте использовались автоматические выключатели, пускатели, реле, клеммники, вентиляторы охлаждения, термостаты производства АВВ и Shneider Electric.

Поскольку водоснабжение — это стратегически важный инфраструктурный объект тепличного комплекса, то на случай отказа ПЛК или УПП либо иных причин ШУС имеет возможность прямого пуска насоса с помощью встроенного контактора и органов управления на лицевой панели.

Сборка шкафов автоматизации

Для размещения компонентов был подобран шкаф компании ДКС с IP54. При сборке шкафа, несмотря на скромные размеры и плотный монтаж, выдержан эргономичный классический подход (рис. 3). Все автоматические выключатели, за исключением автомата защиты двигателя, расположены в верхней части, а все клеммники для подключения внешних датчиков расположены в нижней части шкафа. Доступ к клеммам свободный, подключение кабелей не затруднено.

Силовые шины вынесены за пределы внутреннего шкафа и находятся в нижней части внешнего шкафа. Для защиты от случайного прикосновения они закрыты листом прозрачного пластика, который позволяет проводить визуальный контроль состояния.

В шкафу предусмотрено освещение, позволяющее проводить работы в условиях недостаточной освещенности. Для подключения внешних потребителей, электроинструмента, программатора и т. п. шкафы оборудованы двумя однофазными силовыми розетками. Это очень важно, поскольку ШУС расположены в поле и других источников электропитания поблизости нет.

Внутренний монтаж шкафа аккуратный, все элементы имеют маркировку в соответствии с принципиальной схемой. Все провода на концах опрессованы наконечниками-гильзами и уложены в перфорированных лотках. Провода, идущие к выключателям и сигнализаторам на лицевой панели шкафа за пределами кабельного канала, обмотаны пластиковой спиралью, что гарантирует им защиту от механических повреждений. В обязательном порядке все провода промаркированы с обоих концов, что позволяет быстро ориентироваться при поиске неисправностей. Помимо этого, в шкафу используется цветовая дифференциация проводов.

Поддержание внутренней температуры шкафа в заданных пределах осуществляется с помощью термостатов, нагревателя и вентилятора. Для защиты от пыли вентиляционные отверстия защищены противопылевыми фильтрами, а ввод кабелей в шкаф осуществляется через гермовводы. Для хранения принципиальной схемы лицевая панель шкафа с внутренней стороны снабжена пластиковым карманом, чтобы документация не потерялась и была всегда доступна для обслуживающего персонала. Небольшая, но очень нужная опция, которая отсутствует в большинстве шкафов, в том числе в штатных щитах и шкафах ТК.

Организация грозозащищенных сетей передачи данных между ЛВС ТК и скважинами

В качестве сети передачи данных между полевыми шкафами и ЛВС ТК была выбрана волоконнооптическая линия связи (ВОЛС) по следующим причинам: значительные расстояния между скважинами; удаленность артезианских скважин от диспетчерского пункта в тепличном комплексе; преэминентность (ЛВС ТК построены на основе ВОЛС); надежность; отсутствие чувствительности к электромагнитным импульсам грозовых разрядов.

Программное обеспечение шкафов АНВ ТК

Разработка ПО шкафов проходила в несколько этапов.

На первом этапе были разобраны различные варианты управления и возможные аварийные ситуации. По результатам первого этапа были сформулированы основные принципы, которые надо заложить в ПО:

- управление скважинами в режиме каскада;
- возможность ручного управления с панели оператора ШУКС;
- возможность ручного управления с помощью органов управления на лицевой панели ШУС;
- необходимость ротации скважин для выравнивания потребления.

Особое внимание уделялось принципам поведения системы в аварийных ситуациях:

- единичные отказы не должны приводить к неработоспособности системы;
- проблемы со связью не должны приводить к остановкам водоснабжения, ШУС должны автоматиче-

ски переключаться в локальный режим и продолжать работу в соответствии с заданными уставками;

- при возобновлении связи ШУС самостоятельно возвращаются в режим каскадирования;
- при неполадках с датчиком давления в коллекторе В2 система автоматически переключается на работу ближайшему датчику давления в скважине;
- автоматический ввод резервной скважины при аварии;
- сохранение параметров и уставок в энергонезависимой памяти при выключении контроллера;
- восстановление параметров и уставок из энергонезависимой памяти при включении контроллера.

На втором этапе были разработаны алгоритмы при участии технологов. Они были переданы заказчику для утверждения.

После решения всех вопросов на третьей стадии было разработано само ПО.

Такой многостадийный подход, с одной стороны, удлиняет процесс проектирования, но с другой — позволяет прорабатывать поведение системы в аварийных ситуациях, разрабатывать алгоритмы с учетом всех нюансов и, в итоге, получить качественное ПО, которое будет работать без вмешательства человека долгие годы.

ПО для ПЛК ОВЕН разработано с помощью интегрированной среды CoDeSys V2.3. ПО для панели оператора разработано с помощью программного обеспечения для программирования панелей оператора EasyBuilder 8000 4.66.02.012.

Мнемосхемы системы диспетчеризации

Разработка мнемосхем для панелей управления является задачей с множеством переменных. Необходимо найти баланс между наглядностью (возможностью быстро и однозначно находить причину проблемы и способы ее устранения) и удобством (показывать на экране нужные объекты, связи и характер взаимодействия со смежными объектами, учитывая привычные ассоциации оператора и в удобном для этого виде).

Одни цели требуют уменьшения числа объектов на экране (для наглядности, отображения только нужных элементов с соответствующими связями). Вторые — минимизации числа экранов для простоты эксплуатации.

Для решения задачи в проекте применяется целый ассортимент мероприятий:

- создание графических элементов, обеспечивающих однозначную зрительную ассоциацию с реальным объектом;
- масштабирование объектов (в зависимости от их важности);
- выделение цветом как объектов и линий связи, так и параметров;
- создание технологических связей, подобных схемам рабочей документации;
- перенос подробных пояснений во всплывающие подсказки.

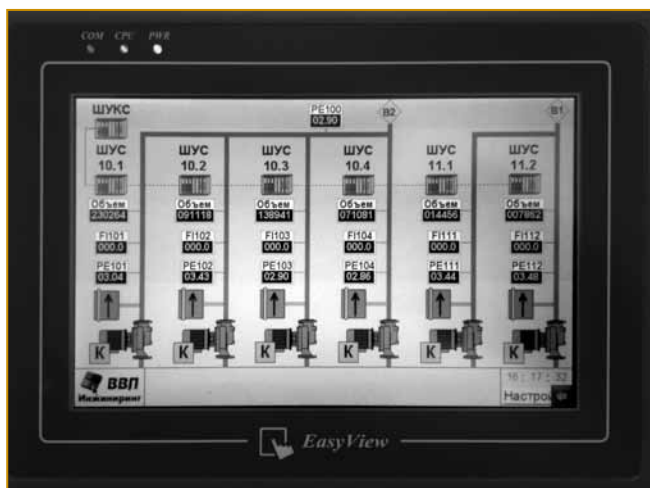


Рис. 4. Главный экран

На рис. 4 представлен главный экран системы управления.

Выводы

Комплексная автоматизация наружного водоснабжения такого крупного объекта как тепличный комплекс существенно выигрывает по сравнению с частичной автоматизацией (по принципу, индивидуальная автоматизация каждому объекту). Обеспе-

чивается намного более высокое качество управления технологическим процессом, высокая надежность функционирования системы, удобство контроля и обслуживания.

За 2 года с начала промышленной эксплуатации новой системы АНВ ТК достигнуты следующие показатели:

- коэффициент постоянной готовности скважин 100%;
- выход из строя насосного оборудования 0 случаев;
- постоянное заданное давление на всех участках водовода и на всех точках забора воды в теплице;
- обход скважин персоналом осуществляется один раз в неделю.

Безусловно, присутствуют и «шероховатости». Из-за низкой надежности электроконтактных манометров иногда происходят аварийные остановки насосов. Проблема будет решена после замены ЭКМ на более надежные в эксплуатации реле давления. Еще одной проблемой является возникающее иногда расхождение показаний ПЛК и счетчика воды в некоторых скважинах. Пока причина такого расхождения не выявлена, но принято решение заменить счетчик на одной из проблемных скважин на аналогичный другого производителя и посмотреть, будет ли эффект от замены.

*Поляков Виталий Викторович — генеральный директор,
Ретунский Сергей Владимирович — руководитель департамента автоматизации,
Кузьмин Виталий Сергеевич — руководитель проектов компании «ВВП Инжиниринг»,
Бабкин Александр Николаевич — главный энергетик ООО «Гринхаус»,
Орлов Николай Павлович — директор компании «ОНП Стройавтоматика».*
Контактный телефон +7 (495) 649-67-96.
<https://vvp-e.ru>

Ansys ускорит разработку системы пассивной безопасности автомобиля

Компания Ansys вместе со своим европейским партнером DYNAmore предоставила BMW Group лицензию на решатель Ansys LS-DYNA для разработки системы пассивной безопасности в транспортных средствах следующего поколения. Ansys LS-DYNA дает пользователям возможность оптимизировать конструкцию и аналитику систем пассивной безопасности, обеспечивая более точное прогнозирование поведения автомобиля во время столкновения.

До того, как автомобили признаются безопасными, они проходят масштабные и строгие краш-тесты на всех этапах проектирования и разработки. Ansys обеспечивает автопроизводителей инструментами численного моделирования с высокой степенью точности для того, чтобы они могли оценивать поведение автомобилей во время столкновений и ускорять циклы разработки изделия.

Решения Ansys поддерживают виртуальные краш-тесты. Это позволяет инженерам оптимизировать дизайн конструкции для поглощения энергии во время столкновения и улучшать взаимодействие между разными системами пассивной безопасности, такими как ремни безопасности, а также передние и боковые подушки безопасности. Пользователи Ansys LS-DYNA могут внедрить концепцию пассивной безопасности в короткие сроки и с минимальным использованием оборудования.

Ansys LS-DYNA — это высокомасштабируемый мультифизический решатель, позволяющий моделировать поведение как большинства компонентов транспортного средства, так и всего автомобиля в полностью взаимосвязанной математической структуре. LS-DYNA поддерживает высокопроизводительные вычисления и предлагает широкий спектр моделей материалов, а также помогает быстро выполнять запросы на разработку.

<http://www.ansys.com>