



# Наливная эстакада on-spot на 3 000 000 тонн нефтепродуктов в год

Андрей Ефимов, Дмитрий Левин

В статье описывается автоматизированная установка тактового налива, внедрённая на нефтеперерабатывающем заводе ОАО «Салаватнефтеоргсинтез». Установка предназначена для прямого взвешивания и налива различных типов нефтепродуктов в цистерны через две наливные телескопические трубы, а также для удаления и рекуперации паров из зоны загрузки.

## Назначение и функции установки тактового налива

Автоматизированная установка тактового налива (АУТН) предназначена для прямого взвешивания и налива семи различных типов нефтепродуктов в цистерны через две наливные телескопические трубы, а также для удаления и рекуперации паров из зоны загрузки.

Основные функции АУТН:

- налив семи различных нефтепродуктов в железнодорожные цистерны;
- одновременный налив по двум путям;
- прямое взвешивание вагонов;
- обеспечение высокого уровня безопасности;
- автоматический выпуск документации налива каждого вагона;
- предотвращение загрязнения атмосферы;
- исключение смешивания нескольких продуктов.

## Описание установки

Установка в своей основе имеет металлоконструкцию, перекрывающую поверху железнодорожные пути (рис. 1). Металлоконструкция служит опорой для зала управления, который располагается на высоте 4,2 метра, что позволяет иметь хороший обзор загружаемых вагонов. В этом помещении находятся оборудование для управления грузочными телескопическими трубами, клапанами продуктов, системой тяги вагонов и платформенными весами, а также система визуализации

и оформления документов. Кроме того, здесь расположены электрошкафы контроля и управления. Помещение имеет вентиляцию наружным воздухом, доступ осуществляется через шлюзы с двойной дверью. Над помещением расположена техническая площадка, которая обеспечивает доступ к клапанам и телескопическим трубам, и площадка, обеспечивающая доступ к тележкам грузочных телескопических труб.

Металлоконструкция, облицованная гофрированными металлическими листами, образует сооружение закрытого типа, стены которого по двум сторонам спускаются до уровня вагона. Каждый путь имеет по три откидные лестницы, через которые можно попасть с платформы на высоте 4,2 метра на цистерны для открытия или закрытия люка.

Устройство налива состоит из наливных труб (рис. 2), тележек наливных труб, шарнирных соединений, а также систем подачи и управления. Наливная



Рис. 2. Наливная труба

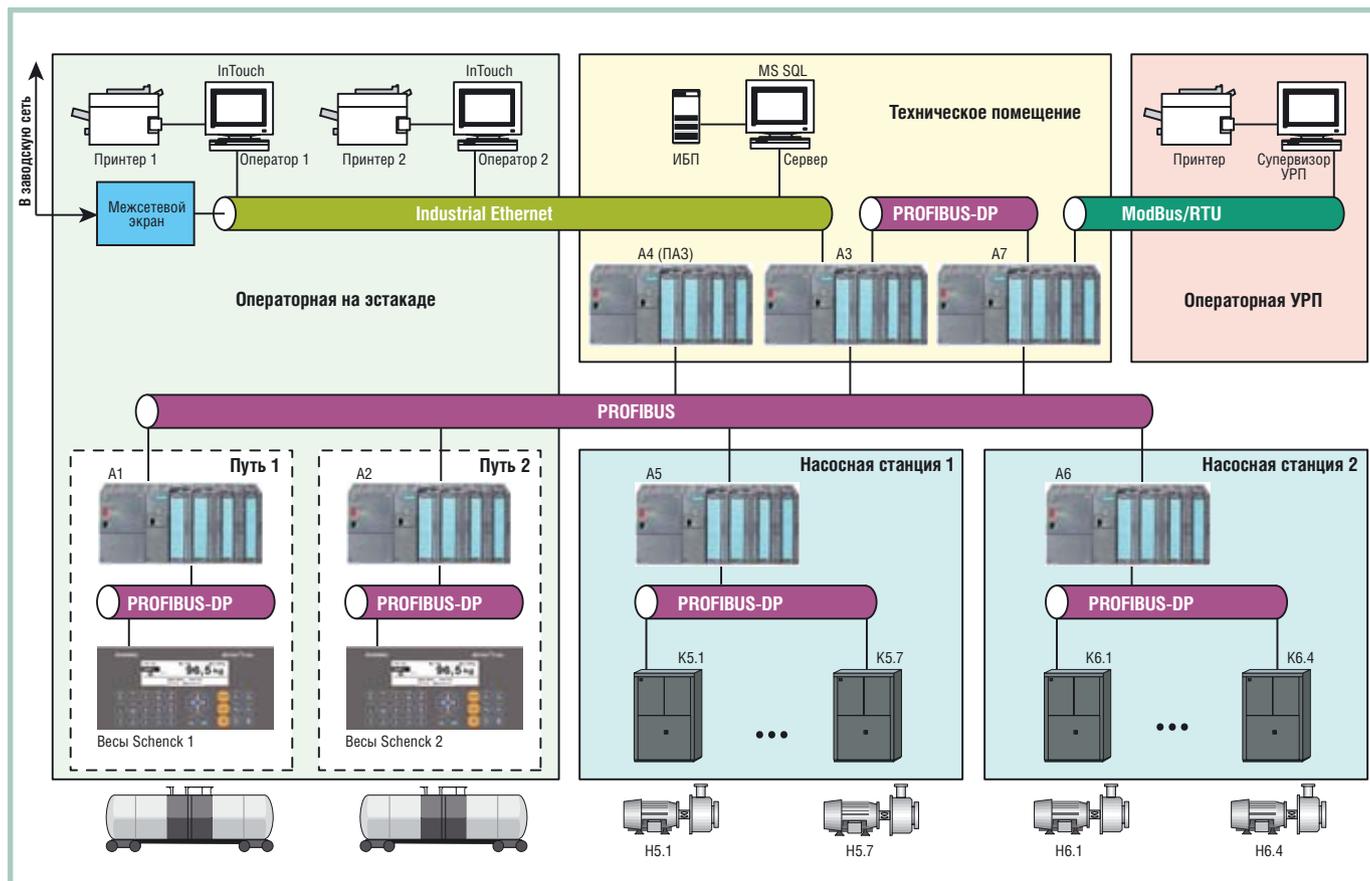
труба укрепляется на тележке. Тележка наливной трубы перемещается параллельно оси рельсов на продольных балках металлоконструкции. Перемещение тележки составляет приблизительно  $\pm 2,5$  м по направлению оси рельсов. В поперечном направлении к оси рельсов наливная труба может перемещаться на  $\pm 0,1$  м.

Продукт подаётся на установку по трубопроводам. Каждый продукт при этом распределяется на соответствующие пути. Продукты для каждой трубы подаются на общий коллектор, который обеспечивает их поступление в телескопическую трубу.

До поступления продукта в наливную трубу при помощи регулирующего клапана (с электропневматическим сервомотором) задаётся нужный расход. Этот регулирующий клапан позволяет установить уменьшенную подачу (около 20% от номинального расхода) в начале и в конце загрузки. В конце каждой загрузки для опорожнения коллектора, шарнирного соединения и



Рис. 1. Общий вид установки тактового налива



Условные обозначения: ПАЗ — противоаварийная защита; УРП — установка рекуперации пара; ИБП — источник бесперебойного питания; А1...А7 — программируемые логические контроллеры; К5.1...К5.7 и К6.1...К6.4 — электрошкафы контроля и управления исполнительными устройствами; Н5.1...Н5.7 и Н6.1...Н6.4 — насосы.

Рис. 3. Схема системы управления АУТН

наливной трубы задействуется воздушный клапан с приводом.

Система тяги вагонов обеспечивает одновременное перемещение 23 цистерн по 85 тонн брутто. Электродвигатель лебёдки запитывается от преобразователя частоты MOVIDRIVE MCF40A0450-503-4-00. Благодаря этому можно плавно изменять скорость движения состава и тем самым повысить точность позиционирования вагонов на платформенных весах. Система снабжена звуковой и визуальной сигнализацией для предупреждения персонала о маневрировании состава.

Контроль количества загруженного продукта осуществляется путём непрерывного взвешивания цистерны. Взвешивание осуществляется при помощи платформенных весов с тензодатчиками. Каждые платформенные весы состоят из двух мостов (мост 1 и мост 2), установленных на четырёх тензодатчиках. Грузоподъёмность каждого моста составляет 100 тонн, а общая грузоподъёмность весов — 200 тонн. Электронный индикатор взвешивания DISOMAT В Plus позволяет определять тару и массу брутто, информацию о ко-

личестве загруженного продукта он передаёт по шине PROFIBUS-DP в систему управления.

### АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Система управления АУТН построена на базе промышленных программируемых логических контроллеров (ПЛК) Siemens серии S7-300. Архитектуру системы управления отражает схема, приведённая на рис. 3. Из схемы видно, что эта система является распределённой и состоит из нескольких подсистем: это подсистема управления наливом (ПЛК А1 и А2), две подсистемы управления насосным оборудованием (ПЛК А5 и А6), центральная система сбора данных (ПЛК А3), система противоаварийной защиты (ПЛК А4), система управления установкой рекуперации паров (ПЛК А7). Связь подсистем осуществляется по промышленной полевой шине PROFIBUS. Из-за удалённости одной из насосных станций (около 3 км) было принято решение использовать оптоволоконные каналы связи. В качестве преобразователя электрического PROFIBUS в оп-

тический были использованы модули связи OLM G11/12 фирмы Siemens.

Контроллер А3 является центральным (рис. 4). Он обеспечивает сбор данных с остальных подсистем и связь с АРМ операторов, а также выполняет следующие функции:

- управление системой аварийного слива (нижнего);



Рис. 4. Шкаф центрального контроллера А3



Рис. 5. Оборудование АРМ оператора

- выдачу разрешения на работу маневрового устройства;
- управление дренажной системой;
- управление железнодорожными semaфорами, разрешающими въезд состава на установку.

Подсистема управления наливом осуществляет управление наливной трубой, запорной и регулирующей арматурой. Эта подсистема состоит из двух ПЛК (каждый на свой путь) и выполняет следующие функции:

- управление наливной трубой в автоматическом и ручном режимах;
- управление и контроль состояния продуктовых клапанов, клапана отвода паров и сливного клапана;
- управление регулирующим клапаном;
- непрерывный опрос весовых платформ;
- контроль наличия заземления наполняемого вагона;
- защита от переливания.

Подсистемы управления насосным оборудованием предназначены для управления и защиты продуктовых насосов. Каждая из двух таких систем выполняет следующие основные функции:

- ручное и автоматическое управление продуктовыми насосами;
- контроль давления в подводящих трубопроводах;
- защита от перегрева электродвигателей и подшипников насосов;
- защита насосов от работы всухую.

Система противоаварийной защиты выполняет следующие функции:

- контроль задымления и загазованности в зоне установки налива;

- предупредительная и аварийная звуковая сигнализация;
- управление отсекающими продуктовыми клапанами.

Система управления установкой рекуперации паров (УРП) предназначена для контроля и управления соответствующими технологическими процессами, а также для защиты задействованного в этих процессах технологического оборудования от возникновения аварийных ситуаций. Описание УРП выходит за рамки данной статьи.

### АРМ ОПЕРАТОРА

Две операторские станции, каждая из которых составляет основу соответствующего АРМ, реализованы на компьютерах Fujitsu-Siemens с жидкокристаллическим дисплеем 17" (рис. 5). Эти персональные компьютеры построены на базе процессора Intel Pentium 4. Их программное обеспечение включает в свой состав операционную систему Microsoft Windows 2000 и систему визуализации InTouch v9.0 (Wonderware). Операторские станции связаны с центральным ПЛК системы управления посредством промышленной сети Ethernet по симметричному экранированному кабелю (витой паре). Для каждого пути установлен свой компьютер, который автоматически управляет процессом загрузки на основании переданных ему данных. По каждому вагону осуществляется ввод следующих данных:

- наименование продукта и загружаемое количество,
- номер вагона,
- референция заказчика,
- номер состава,

- место назначения.
- Каждый персональный компьютер в автоматическом режиме
- даёт разрешение на загрузку продукта в нужном количестве,
  - распечатывает все операции за запрашиваемый период времени,
  - собирает все данные по загрузке,
  - отображает на экране монитора мнемосхемы процесса налива с указанием параметров текущего состояния технологического оборудования,
  - записывает данные на жёстком диске и распечатывает их в конце загрузки на сопроводительном листе.

Компьютеры операторов АРМ соединены с сетью завода для обеспечения возможности ввода данных о вагонах, продуктах и их количестве диспетчером завода. При необходимости возможность ввода в систему управления станцией налива всех данных о вагонах и продуктах может иметь и оператор.

В процессе работы станции создаётся банк данных со следующими видами информации:

- количество и номера всех предусмотренных на этой станции налива вагонов завода (приблизительно 4000 вагонов);
- максимум 10 параметров каждого вагона (состояние, максимальный объём загрузки и т.д.).

Компьютеры АРМ на нескольких мнемосхемах отображают следующую информацию (рис. 6):

- состояние пути,
- состояние налива,
- показание текущего расхода/количества,
- позиция наливной трубы,
- состояние клапанов,
- состояние дренажного оборудования,
- состояние насосного оборудования.

### ПРИНЦИП РАБОТЫ

Локомотив подводит состав из 23 вагонов на каждый путь. В конце каждого пути стоят толкатели в положении ожидания. Установка налива работает автономно, локомотив может быть отогнан.

Первый вагон устанавливается для налива под узел загрузки. Для этого оператор пододвигает состав до нужного места на платформенных весах под трубой. Эта операция облегчается тем, что скорость тяги может меняться и, следовательно, состав перемещается быстрее или медленнее, в зависимости от необходимости. После установки

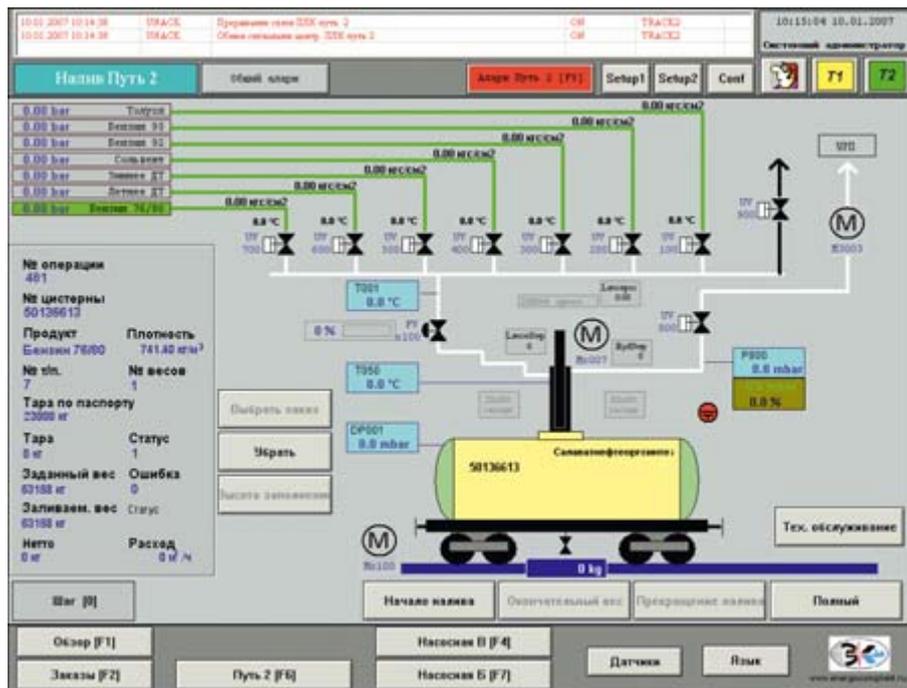


Рис. 6. Мнемосхема налива

вагона на платформенных весах оператор на компьютере выбирает соответствующий вагон и запускает процесс налива. Система взвешивает установленный вагон и в случае обнаружения разницы между измеренным значением и введёнными паспортными данными приостанавливает процесс налива и выдаёт соответствующее предупреждение. Если оператор решает продолжить налив, система управления автоматически корректирует вес заливаемого продукта на величину разности между текущим и паспортным весом тары (опасность переливания существует только при весе вагона больше паспортного, поэтому только в этом случае производится такая коррекция), запускает гидропривод наливной трубы и переходит в режим ожидания команд с пульта управления наливной трубой (рис. 7). По откидной лестнице оператор поднимается на вагон для открытия крышки люка, если она не была открыта предварительно. Управление всеми операциями осуществляется из операторной или от переносного пульта управления у трубы.

Оператор начинает опускать трубу, корректируя при необходимости её положение при помощи перемещения тележки, и вводит трубу в цистерну. Этот процесс можно облегчить использованием переносного пульта управления. Трубу можно передвигать вперёд и назад по осям вдоль и поперёк пути. После наложения уплотнительной плиты на люк цистерны

оператор нажимает на пульте кнопку «Старт», и наливная труба автоматически опускается до дна вагона. Когда наливная труба занимает нужную позицию, система управления передаёт сигналы на пуск продуктового насоса. Вслед за включением этого насоса происходит открытие продуктового клапана и клапана отвода паров, а также открытие регулирующего клапана на величину порядка 20% от номинальной подачи. После поступления при таком напоре некоторого количества продукта, обеспечивающего погружение трубы в продукт, производится переход на большой напор. Когда до заполнения вагона остаётся несколько сот литров, осуществляется переход на маленький напор, а затем, в

зависимости от объёма продукта, оставшегося в трубе, шарнирном соединении и коллекторе, — полная остановка налива. Подаются сигналы на остановку насоса, закрытие продуктового клапана и клапана отвода паров. Затем происходит опорожнение коллектора в вагон, и после стекания из него в цистерну остатков продукта будет достигнут предварительно заданный вес налива.

При срабатывании предохранения от переполнения процесс загрузки сразу приостанавливается. За предохранительными блокировками постоянно ведётся наблюдение, а также осуществляется непрерывное взвешивание. Любое несоответствие вызывает тревогу, сообщение тут же поступает на принтер, и появляется сигнал на экране персонального компьютера (сообщение и изображение устройства, имеющего неполадку, отображаются красным мигающим светом).

По окончании загрузки труба автоматически поднимается и занимает нерабочее положение. Платформенные весы определяют вес брутто, и осуществляется подсчёт веса нетто.

Если откидная лестница поднята, разрешается включение установки тяги. Оператор перемещает состав, подводя второй вагон в положение загрузки, и операция циклически повторяется.

### БЕЗОПАСНОСТЬ

Зал управления (операторная) снабжается воздухом избыточного давления для исключения попадания газа в помещение. Отверстие всасывающей



Рис. 7. Пульт управления наливной трубой и системой тяги вагонов

трубы находится вне взрывоопасной зоны. Один вентилятор находится в состоянии работы, другой — в запасе.

Давление в операторной, как и наличие газа, постоянно контролируется. При первом уровне опасности включается сигнал тревоги, затем в случае неисправностей происходит общая остановка. Перед повторным запуском после остановки воздух в зале должен, как минимум, четыре раза полностью обновиться.

Приборы, находящиеся вне зала управления, должны соответствовать европейским нормам взрывобезопасности: либо EEx d (взрывонепроницаемая оболочка), либо EEx ia (искробезопасная электрическая цепь). Поэтому на установке мы использовали искровзрывобезопасные бесконтактные датчики положения фирмы Turck и датчики давления Rosemount фирмы Emerson Process Management, имеющие соответствующее разрешение Госгортехнадзора России.

Наличие вентиляции в зале управления позволило разместить здесь приборы, не отвечающие нормам взрывобезопасности (за исключением устройств аварийного освещения и датчика задымленности).

Для подключения к системе управления искровзрывобезопасных датчиков были использованы барьеры искрозащиты с гальванической развязкой серий МК-31 и МК-34 фирмы Turck и серии KFD2-SR2 фирмы Pepperl+Fuchs Elcon.

Аварийные выключатели (кнопки типа «грибок») расположены в операторной, на эстакаде, а также у основания откидных лестниц. Нажатие этих кнопок или кнопок пожарной тревоги приводит к мгновенной остановке оборудования, необходимой при аварийной ситуации, пожаре, опасной загазованности, падении давления. При этом закрываются все открытые клапаны, опорожняются и поднимаются все телескопические трубы.

Существует блокировочная система безопасности между тяговой системой и установкой загрузки. Любая тяговая операция запрещает спуск наливной трубы или открытие клапана, а открытый клапан запрещает передвижение вагонов.

Постоянно контролируются параметры электропитания, пневматики, гидравлики, и любое отклонение их значений за допустимые пределы приводит к приостановке налива.

## Задачи, решённые внедрением АУТН

Внедрение АУТН позволило заказчику решить целый ряд важнейших задач.

### 1. Обеспечить количественный контроль продуктов в каждой цистерне.

Каждый цикл загрузки продукта проходит с участием системы взвешивания, позволяющей точно измерять налитое количество продукта (весовое оборудование ежегодно проходит госповерку). Ранее количество налитого продукта определялось метерштоком, что приводило к значительной погрешности измерений.

### 2. Не допустить загрязнения грунтовых вод.

В строго локализованной области проведения наливных работ предусмотрена бетонная площадка (около 150 м<sup>2</sup>) для отвода любой возможной утечки наливаемого нефтепродукта. Дренаж площадки направлен в ёмкость сбора загрязнённых вод. Этим удаётся избежать аварийного загрязнения подземных вод.

### 3. Гарантировать безопасность загрузки.

Безопасность загрузки гарантируется полной автоматизацией контрольных операций. Расположение загрузочной телескопической трубы на дне цистерны и начало загрузки при малой подаче не создают опасности взрыва из-за электростатического заряда. Остановка налива происходит при достижении заданной величины объёма с очень высокой точностью. Дополнительные устройства безопасности (защита от переливания), встроенные в загрузочную трубу, препятствуют переполнению цистерны. Также в системе имеется встроенное блокирующее устройство безопасности, обеспечивающее экстренный останов.

Блокировки на путях обеспечивают:

- подъём телескопической трубы, если загрузочный клапан открыт;
- запрет на открытие клапана, если телескопическая труба не установлена в нужной позиции;
- передвижение вагона, если телескопическая труба не расположена в исходном положении;
- запрещение движения телескопической трубы при передвижении вагона;
- автоматический цикл подъёма трубы до гаражного положения.

Специально учтены рабочая температура до  $-40^{\circ}\text{C}$ , а также возможные

особенности исполнения люка цистерн (наличие с внутренней стороны его горловины наваренных уголков, лестниц и т.п.).

Наливная труба для нефтепродуктов соответствует требованиям охраны окружающей среды и выполняется из высококачественной стали, предотвращающей возникновение искр от трения и ударов.

Блокировки на установке обеспечивают:

- общее отключение при обнаружении газа;
- общее отключение при недостатке давления сжатого воздуха или просадке электрического напряжения;
- общее отключение при недостаточной продувке помещения оператора.

### 4. Гарантировать безопасность работающего персонала.

Безопасность персонала достигается:

- размещением оператора в специальном помещении (операторной);
- дистанционным управлением движением трубы и открытием заслонок продукта;
- отводом паров из цистерны и их последующим отводом за пределы установки.

### 5. Избежать загрязнения одного наливаемого продукта другим.

На последней стадии процесса налива оставшийся в общем коллекторе и наливной трубе продукт полностью сливается в цистерну. Этим обеспечивается крайне незначительное загрязнение одного продукта другим при чередующемся наливе неродственных между собой продуктов.

### 6. Обеспечить автоматический выпуск документации налива каждого вагона.

Выпуск сопроводительной документации полностью автоматический при условии, что все данные по вагонам записаны в компьютере или вводятся в него вручную.

### 7. Гарантировать по возможности более низкую стоимость эксплуатации и обслуживания установки.

Обеспечивается полный автоматический контроль установки, что позволяет оперативно выявлять дефекты оборудования и предотвращать ошибки операторов. Для эксплуатации установки достаточно всего четырёх операторов (по два оператора на путь). ●

**Авторы — сотрудники  
ЗАО «Энергокомплект»  
Телефон: (812) 320-9620  
Факс: (812) 320-9621**