

# МОНТАЖ

## ТРУБОПРОВОДОВ

**И**тоговая цена строительства промышленного объекта — установки, цеха, завода — складывается не только из инженерных решений (стадия проектирования), но и из решений, принятых на этапах подготовки производства и выполнения монтажных работ.

Проекты марки ТХ, выдаваемые заказчику проектной организацией, традиционно выполняются по ГОСТ 21.401-88 и содержат следующие типы документов:

- общие данные по рабочим чертежам;
- схема соединений (монтажная) на основе ГОСТ 2.701-84;
- чертежи расположения оборудования и трубопроводов;
- ведомость трубопроводов.

К основному комплекту рабочих чертежей марки ТХ составляют:

- ведомость потребности в материалах по ГОСТ 21.109-80;
- спецификация оборудования по ГОСТ 21.110-82;
- ведомость объемов монтажных работ по ГОСТ 21.111-84.

Все эти документы, как сказано в ГОСТ 21.401-88, предназначены для монтажа оборудования и технологических трубопроводов (основной комплект рабочих чертежей марки ТХ), а также являются заданием на разработку детализованных чертежей технологических блоков, собираемых организациями, осуществляющими монтаж, и исходными требованиями к разработке конструкторской документации по оборудованию индивидуального изготовления, если эти требования не разработаны в рабочем проекте (проекте).

Как видно из перечня документов, комплекты рабочей докумен-



ции, разработанные по ГОСТ 21.401-88, не содержат достаточной информации для изготовления и монтажа технологического оборудования и трубопроводов. Результат известен: необходимая для монтажа документация, как правило, разрабатывается не в проектом институте, где был разработан весь проект технологического объекта, а в монтажной организации или на заводе-изготовителе трубных сборок.

Конструкторская документация в соответствии с требованиями ЕСКД предусматривает разработку полного комплекта чертежей и спецификаций для производства узлов трубопроводов. Этот комплект должен включать точные чертежи отдельных деталей и сборок с полной детализацией. Для выполнения конструкторской документации технологических блоков, трубных сборок, оборудования индивидуального изготовления рекомендуется применять специализированные "машиностроительные" системы автоматизированного проектирования (MCAD). В зависимости от объемов и состава работ можно использовать как системы трехмер-

ного проектирования (например, Autodesk Inventor (рис. 2), так и системы плоского проектирования на основе AutoCAD — к примеру, MechaniCS (рис. 1).

Эти системы позволяют выпустить и чертежи, и спецификации, строго соответствующие требованиям ЕСКД. При значительном сокращении времени выпуска документации и повышении ее качества конкурентные возможности завода-изготовителя или монтажной организации серьезно расширяются. Тем не менее возникает вопрос: можно ли еще уменьшить время подготовки документации?

Работа с системами "машиностроительной" направленности имеет лишь один существенный недостаток: приходится перерабатывать большую часть проектной документации, повторно вычерчивать те же самые трубы и детали, добавляя к ним дополнительную конструкторскую информацию.

Объем работ можно несколько сократить, включив в договор на проектирование пункт о передаче документации в электронном виде<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>В договоре имеет смысл оговорить именно формат DWG — иначе есть риск получить проект в каком-нибудь презентационном формате: например, Adobe PDF.

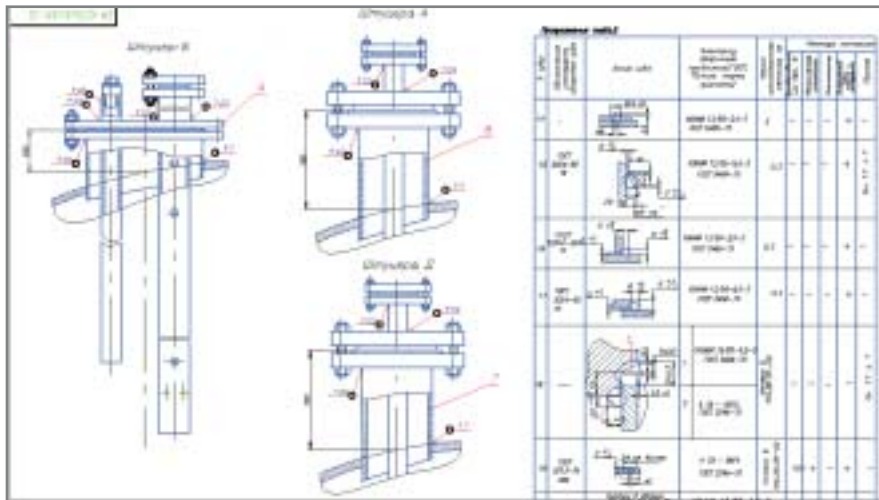


Рис. 1. Фрагмент конструкторского чертежа, выполненного в MechaniCS

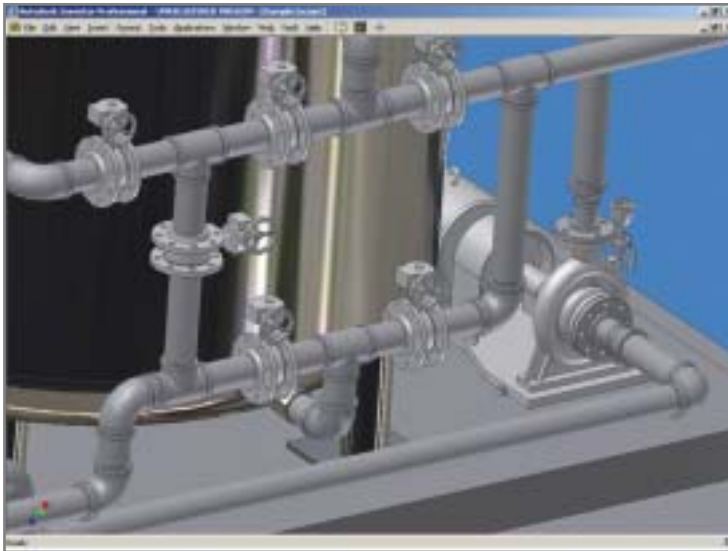


Рис. 2. Конструкторская модель, выполненная в Autodesk Inventor по чертежам проектного института

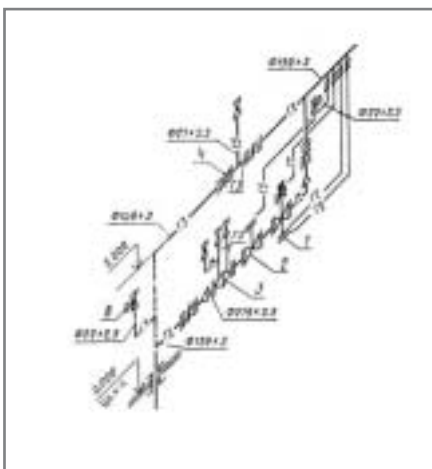


Рис. 3. Аксонометрическая схема по ГОСТ

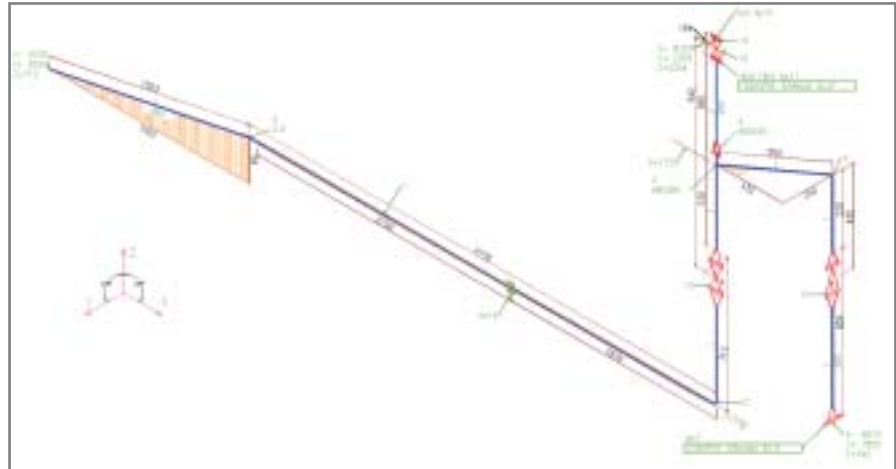


Рис. 4. Изометрический чертеж, выполненный по СТП

Правда, при этом маловероятно, что проектировщики отдадут исходные модели, а это означает, что сохранить целостность чертежей и спецификаций не удастся. Следовательно, все равно предстоит большой объем работ по черчению и по составлению конструкторских спецификаций.

Можно пойти другим, более эффективным путем: выполнять *изометрические монтажные чертежи* (далее мы будем называть их *монтажными изометриями*) и дополнять их необходимыми детализированными конструкторскими чертежами.



### Изометрические монтажные чертежи

Изометрический монтажный чертеж представляет собой проекцию одного участка трубопровода<sup>2</sup> на изометрические оси с отображением трубопровода в одну линию.

На монтажных изометриях указывают позиции элементов трубопроводов и полный набор размеров, необходимых для сборки трубопровода, а также детальную спецификацию трубопровода. Отображается вся запорная, предохранительная и регулирующая арматура, детали трубопроводов, местоположение опор, сварные швы, болтовые и прочие соединения, наносятся необходимые для монтажа размеры, условные обозначения пересечений с конструкциями стен и полов, ссылочные размеры, отметки уровня, уклоны, диаметры, надписи и т.д.

На первый взгляд, аксонометрическая схема и изометрические чертежи очень похожи (рис. 3, 4). Но

<sup>2</sup> Участок трубопровода — часть технологического трубопровода из одного материала, по которому вещество транспортируют с одним давлением и температурой.

Наименование	Аксонетрическая схема	Изометрический чертеж
<b>Отображение чертежа</b>		
Расположение осей		
<b>Отображение трубопровода на чертеже</b>		
Трубы	Отображается условная труба (отрезки труб в трубной сборке не показываются)	Отображаются все трубы как отдельные изделия
Арматура	Да	Да
Соединения (сварные швы, резьба, фланцы, раструбы и т.д.)	Отображаются лишь основные соединения	Отображаются все соединения, в том числе сварные швы между трубами
Фланцы	Да (без специфицирования)	Да
Прокладки (фланцевое соединение)	Нет	Учитываются в спецификации, обозначение размещается на чертеже
Болтовое соединение	Нет	Учитывается в спецификации, обозначение размещается на чертеже
<b>Маркировка позиции на чертеже</b>		
Маркировка основных изделий и деталей по спецификации	Да	Да
Маркировка опор	Нет	Да
Маркировка сварных швов	Нет	Да
Маркировка прокладок и крепежа фланцевых соединений	Нет	Да
Маркировка труб (по длинам)	Нет	Да
<b>Отображение спецификации на чертеже</b>		
Спецификация по форме 1 ГОСТ 21.104-79	Да	Да
Детальная спецификация с учетом крепежа, опор, сварных соединений	Нет	Да
Разбиение спецификации по месту монтажа (цех, площадка)	Нет	Да (при необходимости)
Таблица сварки	Нет	Да
Таблица резки труб	Нет	Да

различия между ними достаточно серьезны: монтажные изометрии значительно информативнее аксонетрических схем (см. таблицу).

Изометрический чертеж сложнее в исполнении и требует большей квалификации проектировщика. Для решения этой проблемы используются автоматизированные рабочие места на основе программы I-Sketch, которая позволяет многократно повысить эффективность работы и получить чертежи отличного качества.

### I-Sketch

Программный комплекс I-Sketch предназначен для отрисовки изометрических чертежей в одну линию и является наиболее эффективным средством получения монтажных изометрий. Он разработан английской компанией Alias Ltd, которая более 25 лет занимается созданием программных средств, позволяющих автоматизировать формирование рабочей документации для монтажа трубопроводов.

Самым известным продуктом компании Alias стал IsoGen (*Изо-Ген*) — генератор изометрических чертежей, который используется как отдельный модуль в составе практически всех программ трехмерного проектирования трубопроводов. В случае с I-Sketch приобретение генератора не предполагает никаких дополнительных вложений: IsoGen включен в состав программного комплекса.

I-Sketch является приложением к операционной системе Windows и не требует установки какой-либо дополнительной САПР-платформы. К другим важным особенностям системы следует отнести простой интерфейс и удобные средства редактирования трубопровода, что позволяет за один-два часа освоить основные приемы работы, а на изучение всего программного комплекса потратить считанные дни.

I-Sketch работает на русском языке, хотя при установке ничто не препятствует выбрать любой другой: английский, французский, немецкий, испанский, китайский, чешский, итальянский...

Базы данных I-Sketch открыты для редактирования пользователем — для этого предусмотрены специальные инструменты. Доступна российская база данных изделий и материалов, включающая широкую номенклатуру отечественных производителей. База данных российских элементов является общей для I-Sketch и PLANT-4D, к этой базе поставляется инструмент отбора компонентов: генератор миникаталогов (SpecMan Plus).

I-Sketch формирует документы в формате AutoCAD DWG и DXF или в менее распространенном формате DGN, что позволяет использовать программу совместно с любыми другими графическими САПР-системами, в том числе с российскими разработками MechaniCS, СПДС GraphiCS, КОМПАС и T-Flex.

Задание в "родном" для I-Sketch формате PCF формируют многие системы проектирования, в том числе PLANT-4D, Autodesk Inventor 9 и другие.

### Как работает I-Sketch

Работа с I-Sketch в целом не отличается от работы с другими Windows-приложениями.



Общий алгоритм сводится к следующему:

1. Выбор базы данных (миникаталога) для проекта.
2. Отрисовка эскиза трубопровода.
3. Расстановка необходимых размеров.
4. Генерация изометрических чертежей.

Самые трудоемкие этапы — отрисовка эскиза и образмеривание: пользователь I-Sketch, как правило, тратит на эти этапы 90% времени, то есть в среднем порядка 15–20 минут (вместо 4–5 часов при работе вручную). Посмотрим, как это происходит.

Для начала подгружаем российскую базу данных.

Выбрав базу, приступаем к отрисовке эскиза.

Прежде всего выбираем трубу (рис. 5).

Отрисовываем эскиз (рис. 6): по точкам отрисовывается общий вид трубопровода, без соблюдения размеров и пропорций — важна только конфигурация.

- Отрисовка линии
- Отрисовка отвода
- Отрисовка примыкания
- Вставка арматуры и прочих деталей

Для удобства редактирования разработано множество способов отображения служебной информации. Скажем, разные формы курсора подсказывают, какое именно действие будет производиться. Весьма наглядна цветовая сигнализация: зеленый — всё определено, синий — не определены размеры, красный — не специфицирован компонент.

Удобные средства I-Sketch позволяют быстро обозначить неортогональные участки (рис. 7, 8).

После отрисовки общей конфигурации (рис. 9) фиксируются одна или несколько координатных привязок. Можно принять за (0,0,0) любую точку трубопровода или указать ре-



Рис. 5. Диаметр трубопровода может быть задан в условных диаметрах или в реальных размерах (наружный диаметр)

альные координаты подключения — например, координаты одного или нескольких штуцеров, к которым подключается трубопровод (рис. 10).

Следующим шагом определяем номенклатуру деталей (если они не были определены автоматически): задаем марки отводов и тройников

(рис. 11). Таким образом, будут автоматически вычислены длины патрубков деталей трубопроводов.

На этом этапе можно разместить на эскизе арматуру, а также прочие детали или расставить размеры. Конечно, и то и другое вы можете по мере необходимости размещать на

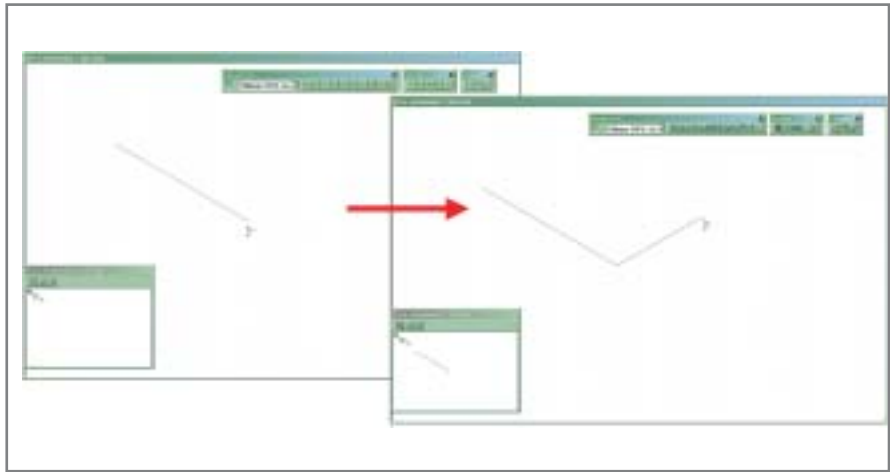


Рис. 6. Отрисовка наброска (эскиза)

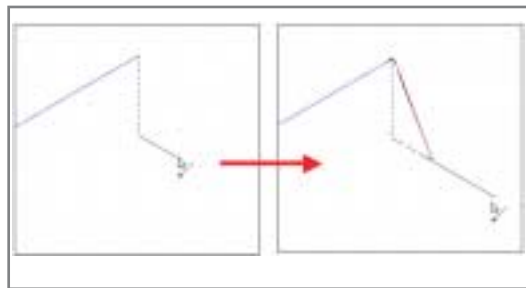


Рис. 7. Участки трубопровода под углом

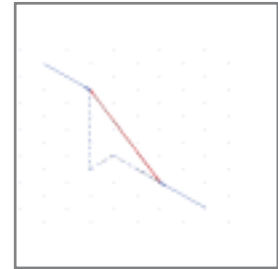


Рис. 8. Трубопровод может иметь любую трехмерную конфигурацию

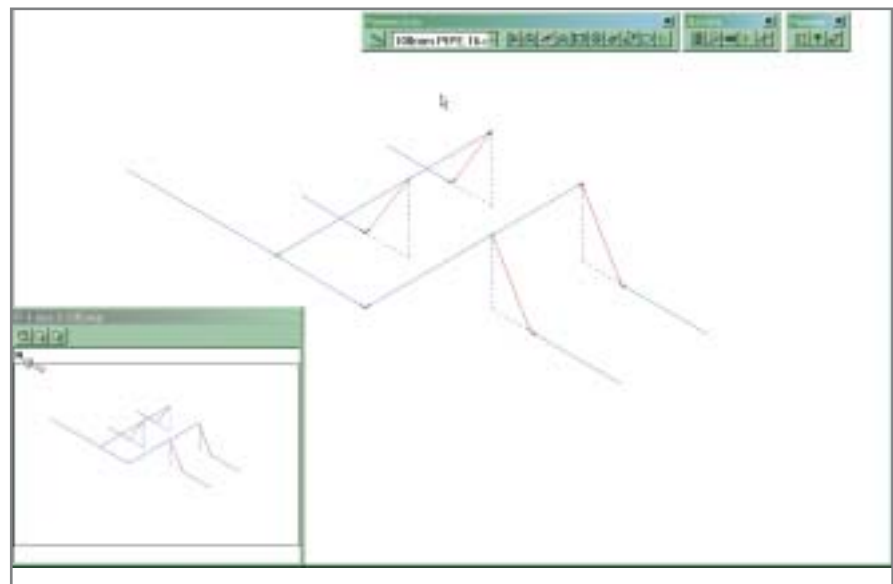


Рис. 9. Общая конфигурация трубопровода

эскизе. В нашем примере мы сначала разместим известные нам размеры — это упростит дальнейшую работу.

После того как заданы размеры наклонных участков (рис. 14), расставляются все остальные размеры.

Быстро задать необходимые размеры позволяет удобное диалоговое окно (рис. 15) — при этом можно задавать как фактические размеры трубы или деталей, так и размеры в осях. При расстановке размеров в осях длины труб пересчитываются автоматически.

Мы разместили все основные размеры — труба стала зеленой (рис. 16). Для предварительного ознакомления с результатами сформируем изометрию (рис. 17). На генерацию

двух листов потребуются одна-две секунды.

Далее размещаем арматуру. Эргономичный, удобный для пользователя интерфейс всегда запрашивает необходимую информацию — например, местоположение арматуры на участке трубопровода. Расстояния можно задать как относительно осей, так и относительно места примыкания к деталям (от сварного шва). После размещения выбирается арматура (впрочем, эту операцию можно пропустить на любом этапе, что очень удобно, поскольку позволяет с легкостью вносить изменения).

Аналогичным образом размещаем опоры и прочие обозначения изометрического чертежа.

### Необходимые дополнительные возможности I-Sketch

Горизонтальные участки трубопроводов часто выполняются с легким уклоном для самотечного стока жидкости. Малые уклоны неудобны тем, что не очень наглядно отображаются на чертежах, поэтому их принято просто помечать (размещается условное обозначение и величина уклона) и пересчитывать отметки.

В I-Sketch уклоны задаются так же легко, как и при ручной отрисовке, но при этом все (!) координаты и длины труб пересчитываются автоматически. Таким образом по чертежам, полученным от проектных институтов, можно быстро набросать эскиз, расставить позиции, после чего привести в соответствие состояние уклонов.

При расстановке уклонов I-Sketch

учитывает фиксированные точки: если заданы координаты штуцеров, к которым подключается трубопровод, то при задании уклонов изменения будут производиться так, чтобы эти и другие стационарные точки не изменялись.

На лист изометрического чертежа

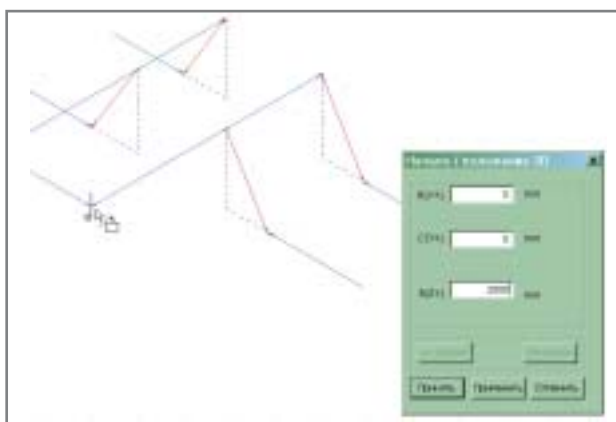


Рис. 10. Задаем известные нам координаты



Рис. 11. Выбираем номенклатуру детали

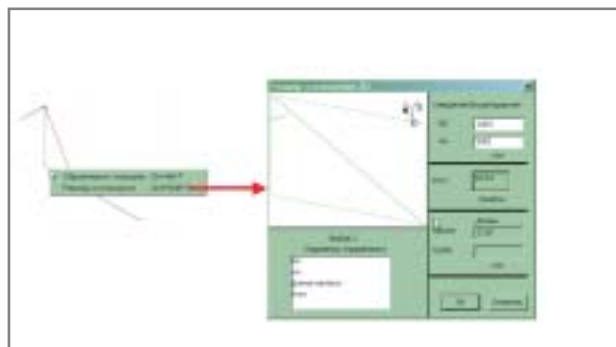


Рис. 12. Можно задать значения отклонений в целом

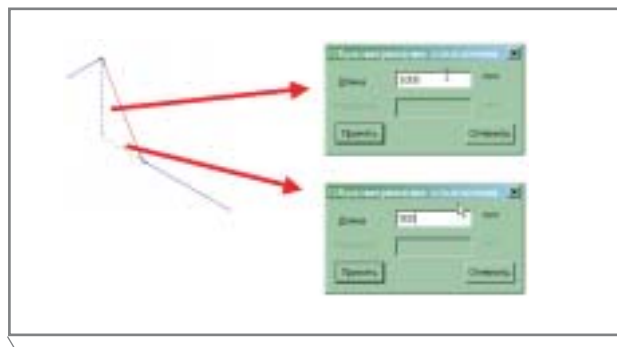


Рис. 13. Можно задать значения отклонений по отдельности (по проекциям)

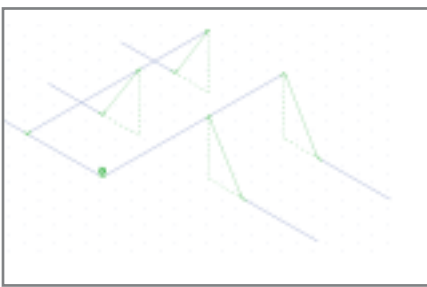


Рис. 14. Образмерены все наклонные участки

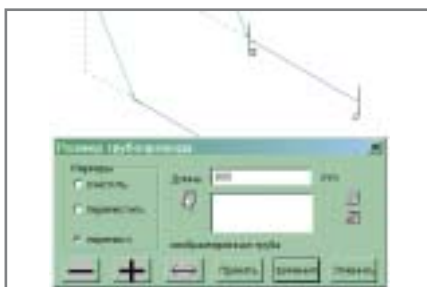


Рис. 15. Задаем размер



Рис. 16. Образмеривание завершено

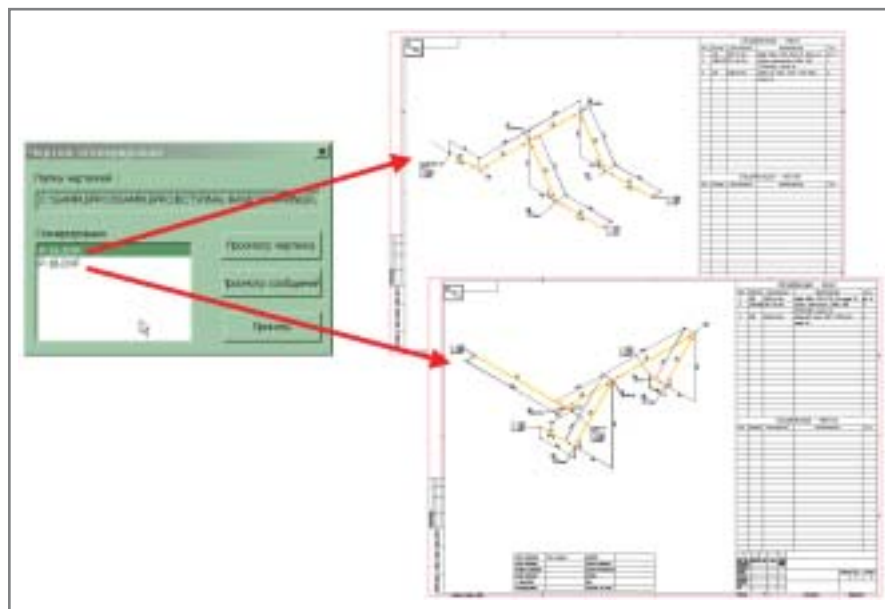


Рис. 17. На отрисовку изометрического чертежа затрачивается менее одной секунды

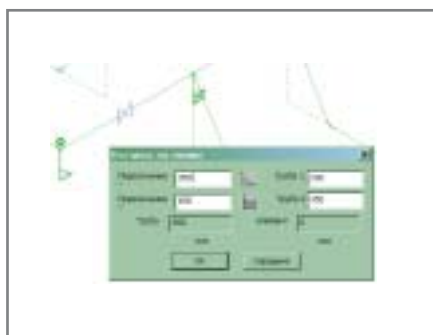


Рис. 18. Ввод расстояний

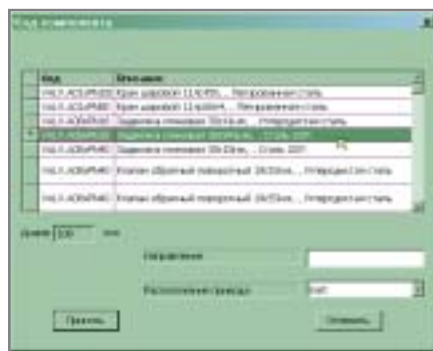


Рис. 19. Выбор марки арматуры



Рис. 20. Законченный эскиз трубопровода

можно автоматически вставить шаблонные фрагменты: узлы, отображающие крепеж, сварные швы и прочую конструкторскую информацию из библиотеки шаблонов (блоков).

Кроме того, на чертеже можно в автоматическом режиме размещать обозначения пересечений со стенами, полами, направления потоков, текстовые надписи, расстояния до конструкций, не показываемых на чертеже, надписи в штампе чертежа, обозначение изоляции, нумерацию сварных швов и многое другое.

#### Типы изометрических чертежей, генерируемых I-Sketch

Пользователь I-Sketch имеет возможность настроить свои форматы монтажных изометрий: собственные обозначения, полноту информации, наличие и состав спецификаций.

Содержание и форма спецификации, автоматически составляемой I-Sketch, также настраивается под требования пользователя. Например, спецификация, представленная на рис. 22, является идентичной ГОСТ, но вместо обычно заполняемого обозначения технических условий в колонку "Обозначение" включен идентифицирующий компонент — пользовательский шифр. Подобные шифры используются по желанию и, как правило, служат для идентификации изделий на складе.

С программным комплексом I-Sketch по умолчанию поставляется несколько уже настроенных видов изометрических чертежей, каждый из которых имеет собственное функциональное назначение. Условно их можно разделить на три группы: контрольные (обзорные), разбивочные (с обозначением узлов трубопроводов) и сборочные изометрии. Наиболее интересны изометрии третьей группы:

- **"Монтажная. Общая" (FINAL-BASIC)** — на этой изометрии отображаются все детали трубопровода, все размеры и необходимые обозначения.
- **"Монтажная. Таблица сварки" (FINAL-WELD-BOX)** — расширенная версия FINAL-BASIC. В дополнение к стандартному содержанию общей монтажной изометрии на чертеже проставляется нумерация сварных швов и формируется таблица с информацией по швам. При необходимости к сварным швам автоматически добавляется детальный чертеж узла (рис. 23).
- **"Монтажная. Таблица труб" (FINAL-CUT-LIST)** — расширен-

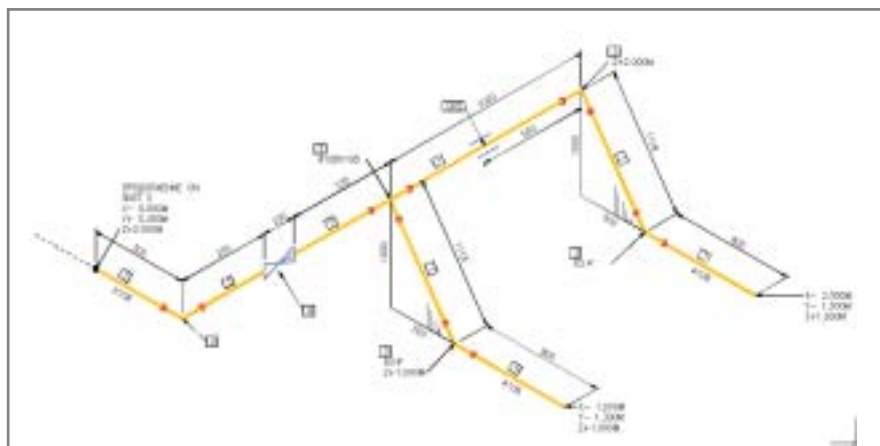


Рис. 21. Изометрический чертеж, автоматически выполненный по эскизу

СПЕЦИФИКАЦИЯ – ЗАКАЗ				
Поз.	Размер	Обозначение	Наименование	Ед.изм.
1	108	RPE.16-x54	Труба 108x4, ГОСТ 8732-78, класс 20	4500
2	108x108	TEE-401x54	Тройник радиусовог. 108x4, ГОСТ 17375-2001, класс 20	1 шт.
3	108	ELB.201x54	Соед. 90° 108x4, ГОСТ 17375-2001, класс 20	4 шт.

Рис. 22. Пример спецификации

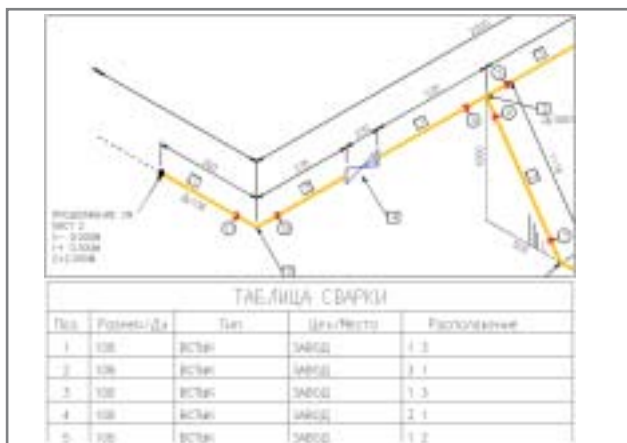


Рис. 23. Фрагмент монтажной изометрии с нумерацией швов и таблицей сварки

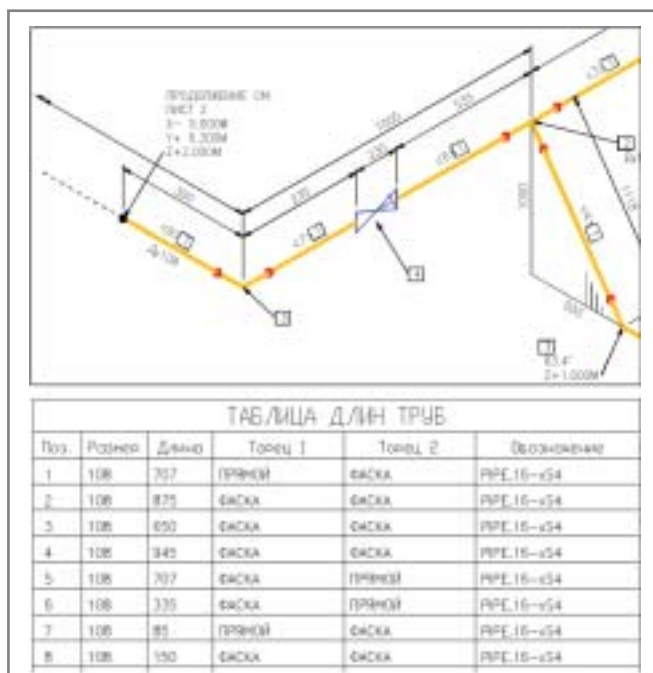


Рис. 24. Фрагмент монтажной изометрии со спецификацией и таблицей длин труб

ная версия изометрии FINAL-BASIC. На чертеж дополнительно наносятся позиционные обозначения в соответствии с таблицей труб. Последняя включает перечень всех отрезков труб с указанием диаметров, длин, способов обработки торцов и прочую информацию (рис. 24).

#### Использование I-Sketch как основы для расчета прочности

С точки зрения монтажных организаций интересна возможность передачи расчетной модели в программу СТАРТ, предназначенную для расчета прочности и жесткости трубопроводов.

Средствами программы можно оценивать прочность по различным нормативным документам:

- РД 10-249-98 (Госгортехнадзор РФ). Стальные трубопроводы энергетических установок с давлением более 0,7 кг/см<sup>2</sup> и температурой более 115 градусов.
- РД 10-400-01 (Госгортехнадзор РФ). Стальные трубопроводы водяных тепловых сетей и паропроводов за пределами энергетических установок.
- РТМ 38.001-94 (Минтопэнерго РФ). Стальные технологические трубопроводы с давлением до

100 кг/см<sup>2</sup> и температурой от -70 до 700 градусов.

- СНиП 2.05.06-85 (Госстрой РФ). Стальные магистральные газо- и нефтепроводы с давлением до 100 кг/см<sup>2</sup> и отсутствием ползучести в металле труб.

Совместное использование I-Sketch и программы СТАРТ позволяет выполнять расчеты прочности и обосновывать возможную замену материалов.

#### Заключение

Работы по изготовлению деталей и узлов трубопроводов должны выполняться в соответствии с действующими строительными нормами и правилами, а также с требованиями к изготовлению отдельных видов трубопроводов, которые предусмотрены нормативными документами, обеспечивающими надлежащее качество выпускаемой продукции. К этим документам относятся и стандарты предприятия (СТП), где регламентируются основные требования к рабочей документации на основе монтажных изометрических чертежей.

Изометрические чертежи широко распространены по всему миру. Выгоды от их применения очевидны: на компактном и понятном чертеже содержится максимальный объем информации о каждом отдельном трубопроводе.

Программа I-Sketch является самым простым и быстрым средством получения изометрий. С использованием I-Sketch отрисовка целой технологической линии (трубопровода) занимает около 15-20 минут (вместо 4-5 часов работы вручную).

Программа работает на русском языке и с российскими базами данных. Распространение, обучение пользователей и техническую поддержку осуществляет Consistent Software — крупнейшая российская компания в области САПР.

Интеграция I-Sketch с системами трехмерного проектирования позволяет получать готовые задания от проектных организаций, оснащенных такими системами, как PLANT-4D, Autodesk Inventor, PDS и другие.

Цена I-Sketch весьма невысока, что позволяет оснастить необходимое количество рабочих мест.

Применение I-Sketch для выпуска монтажных изометрических чертежей, без сомнения, упрощает производство узлов трубопроводов и обеспечивает большой выигрыш во времени при выполнении монтажных работ.

Игорь Орельяна

CSoft

Тел.: (095) 913-2222

E-mail: orellana@csoft.ru