

ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ МАГИСТРАЛИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ: ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, РАСЧЕТА И МОНТАЖА

Данная публикация является логическим продолжением цикла материалов, посвященных оборудованию для производства и подготовки сжатого воздуха. Пневматическая магистраль — это такой же полноправный элемент компрессорной станции, как и основное оборудование: компрессоры, осушители и фильтры. И очень часто именно на этапе проектирования и монтажа пневматической магистрали допускаются ошибки, которые впоследствии являются причиной различных проблем со сжатым воздухом.

Рассмотрим несколько наиболее распространенных ошибок подробнее. Причины, приведшие к этим ошибкам, разные. Но результат везде один: вышедшее из строя оборудование; производственные издержки; головная боль у работников, ответственных за обеспечение сжатым воздухом.

История первая о том, что скупой платит дважды

Предприятие приобрело, установило и подключило своими силами винтовую компрессорную установку, оснащенную встроенной системой подготовки сжатого воздуха. Прошло немного времени и в компанию, поставившую этот компрессор, позвонил возмущенный покупатель и сообщил, что система подготовки не обеспечила заявленное качество воздуха. В результате дорогостоящее пневматическое оборудование вышло из строя. Естественно, что эти убытки покупатель решил «повесить» на поставщика.

Прибывшие на предприятие представители поставщика выяснили, что до винтового компрессора здесь несколько лет отработал поршневой компрессор без системы подготовки воздуха. Это привело к тому, что на внутренней поверхности воздушного трубопровода образовалась некая маслянистая консистенция, которая вместе с частицами ржавчины и выле-

тала из трубы в то самое дорогостоящее оборудование. Сразу же провели небольшой тест: непосредственно к компрессору подключили новый шланг и проверили качество воздуха на выходе из него. Проблем с качеством воздуха не было.

Таким образом, причиной выхода из строя оборудования явилось неудовлетворительное состояние старого трубопровода. Решением проблемы стал монтаж новой пневматической магистрали. О том, кто оплачивал вышедшее из строя оборудование, история умалчивает...



ВЫВОД. Если происходит замена старого компрессорного оборудования на новое, то это обязательно должно сопровождаться проверкой состояния уже имеющейся пневматической магистрали. В случае необходимости старую магистраль лучше сразу заменить.

Кстати, оценка состояния пневматической магистрали нужна не только с точки зрения качества сжатого воздуха. Если происходит покупка значительно более мощного компрессора, а общая протяженность имеющейся магистрали практически не меняется (в нее



В зависимости от особенностей прокладки основного трубопровода потребители сжатого воздуха (пневматочки) могут находиться относительно него либо снизу, либо сверху.

1. Если пневматочка располагается снизу, то необходимо в вертикальном отводе сделать врезку тройника. Далее, с одной стороны тройника — на горизонтальном отводе — после запорного шарового крана монтируется устройство подготовки воздуха (в данном случае это фильтр-влажномаслоотделитель и лубрикатор). С другой стороны делается продолжение вертикального отвода для слива конденсата, в нижней части которого устанавливается дренажный кран.

просто врезаются дополнительные отводы ограниченной длины для подключения пневмооборудования), то необходима проверка соответствия диаметра и длины трубопровода новому расходу воздуха.

История вторая о размере, который имеет значение

Предприятие приобрело винтовой компрессор с хорошим запасом по производительности, и с расчетом на дальнейшее расширение производства. Но на монтаже пневматической магистрали решили сэкономить и собрали ее из гибких шлангов.

Предприятие успешно работало, расширялось, появлялись новые потребители сжатого воздуха. Проблем с их подключением не возникало: шланги разрезались, в них вставлялись тройники, и все это фиксировалось хомутами.

Однако через некоторое время воздуха стало не хватать, и у потребителя возникло подозрение на то, что компрессор не обеспечивает заявленной производительности. С проверки производительности и начали представители поставщика, прибывшие на предприятие. Делается это легко. Допустим, компрессор имеет ресивер объемом 500 л. Засекается время, за которое компрессор заполнит воздухом пустой ресивер до максимального давления, например, до 10 бар. Затем, умножив объем на максимальное давление и разделив на определенное выше время (например, на 5 мин) получают интересующую величину производительности: в данном случае это примерно 1000 л/мин. Если окажется, что результат существенно не отличается от паспортного значения, значит, компрессор исправен.

В результате проверки выяснилось, что производительность компрессора соответствует номиналу. Анализ расхода сжатого воздуха также показал, что потребности предприятия компрессор должен удовлетворять без проблем. И тогда представители поставщика предположили, что причиной нехватки воздуха является магистраль, собранная из шлангов и хомутов. А если точнее, то падение давления, которое она вызывает. После этого была смонтирована магистраль из труб соответствующего диаметра. Вопрос с «нехваткой воздуха» успешно разрешился.

ВЫВОД. При монтаже пневматической магистрали необходимо учитывать соответ-

ствие протяженности трубопровода, его диаметра и реального расхода воздуха. Если после винтового компрессора сделать протяженную разводку из гибких шлангов диаметром 6-8 мм, то о нормальной работе пневмоинструмента можно и не мечтать.

А возможно и такое: если после мощного винтового компрессора смонтирована магистраль, имеющая слишком малый диаметр, то она часто не в состоянии принять весь произведенный объем сжатого воздуха. В результате в ресивере воздушно-масляного сепаратора создается избыточное давление, срабатывает предохранительный клапан и все внутренне пространство компрессора оказывается забрызганным маслом.

История третья о дырявой трубе, или о «деньгах на ветер»

Предприятие приобрело новый винтовой компрессор на основании тщательных расчетов потребности в сжатом воздухе (и даже с запасом на будущее расширение производства). Но в процессе эксплуатации сразу же выяснилось: воздуха не хватает. Естественно, что у потребителя возникло подозрение на то, что причина проблемы в компрессоре, который не обеспечивает заявленной производительности. Прибывшие на предприятие представители поставщика сразу же проверили производительность — она оказалась в норме (значит, дело не в компрессоре). Стали разбираться дальше и обратили внимание на интересный момент: обследование компрессора по просьбе заказчика проводилось в обеденный перерыв, когда практически все потребители воздуха не работали. Тем не менее, компрессор с завидным постоянством продолжал включаться в работу.

При осмотре производственных участков все сразу же встало на свои места. Дело было, конечно, не в компрессоре. На участках «изо всех щелей» слышалось характерное «шипение» сжатого воздуха. Стало очевидным, что причиной возникшей проблемы стали утечки воздуха из пневматической магистрали вследствие отсутствия герметичности.

ВЫВОД. При монтаже пневматической магистрали или ее дальнейшей эксплуатации особое внимание необходимо уделить борьбе с утечками воздуха. Для справки: в трубопроводе со сжатым воздухом под давлением 7 бар утеч-

ка из отверстия диаметром 1 мм составляет 72 л/мин, а из отверстия диаметром 4 мм — 660 л/мин. А это, 0,4 кВт и 4 кВт мощности электродвигателя компрессора!

Можно было бы привести еще несколько аналогичных примеров. Но и этих трех вполне достаточно, чтобы понять: **мелочей в таком важном деле, как доставка сжатого воздуха от компрессора к потребителям, не бывает.**

Проектирование и монтаж пневматической магистрали: первые шаги

С чего же начать тому, кто решил правильно спроектировать и смонтировать пневматическую магистраль? Прежде всего, с четкого понимания того, что делать ее нужно правильно! По этой причине надо сразу отказаться от всякого рода «временок». Крайне нежелательна разводка из гибких шлангов. Большие потери из-за утечек воздуха, низкая механическая надежность шлангов, хомутов и т.п., потери давления — все это в конечном итоге непременно выливается в дополнительные финансовые расходы. Гибкие шланги ограниченной длины (не более 3-5 м) можно использовать лишь непосредственно для подключения пневмооборудования.

Основную магистраль следует собрать из стационарных труб: пластиковых, медных, алюминиевых с полимерным покрытием и т.д.



2. Если пневмоточка располагается сверху, то в трубопровод также устанавливается тройник, в который далее, врезается «Г-образный» отвод. На конце отвода монтируются запорный кран и устройство подготовки воздуха. (В данном случае, устройство отсутствует, т.к. оно уже штатно установлено на шиномонтажном станке).

Практика показывает, что желательно избегать «черных» труб и осторожно относиться к трубам из оцинковки (оцинковка может быть нанесена только снаружи); через некоторое время в этих трубах появятся продукты коррозии.

Рассмотреть в рамках одной статьи особенности монтажа магистралей из различных материалов сложно. Поэтому рассмотрим лишь один вариант - монтаж из пластиковых полипропиленовых труб, предназначенных для использования в системах горячего и холодного водоснабжения. В настоящее время пластик широко представлен на рынке. Он доступен по цене, технологичен в работе, пневматическая магистраль из пластика, как правило, удачно вписывается в интерьер производственного помещения.



3. При монтаже трубопровода желательно избегать так называемых «застойных зон», в которых может скапливаться конденсат. Например, условия прокладки требуют направить трубопровод вверх. В этом случае, на конце горизонтального участка трубопровода устанавливается тройник. Далее, установка отвода «вверх» сопровождается монтажом отвода «вниз» с обязательным крапом для слива конденсата.

Лучше всего поручить монтаж пневматической магистрали специализированной организации. Если же такой возможности нет, то можно обойтись и своими силами. Для работы понадобится специальное оборудование: сварочный аппарат с комплектом насадок для сварки (его, кстати, можно взять в аренду у продавца труб), ножницы для резки труб, ножовка, слесарный и измерительный инструмент.

ВАЖНО! Особенностью пластика является достаточно высокий коэффициент линейного расширения. Поэтому:

- в помещении, где производится монтаж, должна быть положительная температура, приближенная к той температуре, которая будет в дальнейшем при эксплуатации пневматической магистрали;
- возможный перепад температур в помещении учитывается монтажом специальных термокомпенсационных петель (как их правильно рассчитать расскажут в любой организации, поставляющей пластиковые трубы).

В качестве примера: на предприятии осенью был сделан монтаж в неотапливаемом помещении; после включения отопления пластиковые трубы «провисли».

Основные правила проектирования пневматической магистрали

Проектирование пневматической магистрали осуществляется в соответствии с приведенными ниже рекомендациями.

1. Пневматическая магистраль должна по возможности образовывать замкнутый контур. Это уменьшает падение давления в наиболее отдаленных точках трубопровода. Пневматическое оборудование с более высоким рабочим давлением желательно располагать как можно ближе к компрессору.

2. Если магистраль не удастся полностью закольцевать, или при проектировании получается достаточно длинный прямолинейный участок трубопровода с мощным потребителем сжатого воздуха в конце участка, то этот потребитель можно подключить к магистрали через небольшой дополнительный ресивер. Это уменьшит падение давления в магистрали.

3. Основная магистраль прокладывается с уклоном не менее 2° для обеспечения слива конденсата. В «низких» точках магистрали для этой же цели устанавливаются дренажные

краны (их можно в случае необходимости оборудовать автоматическими конденсатоотводчиками). Дренажные краны рекомендуется установить даже при использовании рефрижераторного осушителя.

4. В пневматическую магистраль устанавливаются несколько так называемых «магистральных кранов», которые позволяют в случае необходимости отключать отдельные участки трубопровода, например, при проведении его обслуживания. Кроме того, при помощи попеременного отключения участков можно определить действительное потребление сжатого воздуха на каждом из них.

5. Трубопроводы следует прокладывать на стене, на потолке — то есть в доступной для обслуживания зоне. Не рекомендуется прокладка под полом и в земле по причине возможного образования конденсата.

6. Желательно учесть возможность дальнейшего расширения производства и сразу предусмотреть для этого несколько резервных пневмоточек.

7. Окончательную подготовку воздуха рекомендуется производить непосредственно перед потребителями. Для этой цели используются фильтры-влагомаслоотделители (для удаления влаги, масла и твердых частиц), регуляторы давления (для установки необходимого рабочего давления) и дозаторы смазки или лубрикаторы (для обеспечения подачи необходимого количества смазки). Лубрикатор должен располагаться на расстоянии не более 10 м от потребителя, иначе распыленное масло будет оседать на стенках магистрали или гибкого шланга. Оптимальная длина гибкого шланга 5-6 метров.

8. Каждая пневмоточка оборудуется запорным краном, который устанавливается перед устройством подготовки воздуха. Это упрощает дальнейшее обслуживание пневмоточки и позволяет оперативно отключить весь участок в случае возникновения каких-либо проблем. Для удобства работы на выходе из устройств подготовки воздуха устанавливаются быстросъемные разъемы.

На Рис. 1 представлена схема пневматической разводки, выполненная в соответствии с рассмотренными выше рекомендациями.

Расчет пневматической магистрали

Следующий этап работы — определение диаметра основного трубопровода. В общем слу-

чае полный расчет пневматической магистрали представляет собой довольно сложную инженерно-техническую задачу, решение которой возможно только с помощью специальных программ на ЭВМ. Расчет сводится к вычислению скоростей и расходов воздуха на различных участках трубопровода, а также к определению величины падения давления. В отличие от жидкостей, используемых в гидродrive, воздух обладает высокой сжимаемостью, относительно малой плотностью в исходном атмосферном состоянии и существенно меньшей вязкостью. Именно по причине сжимаемости воздуха этот расчет намного сложнее расчета гидравлических систем и выполняется, как правило, только в самых ответственных случаях.

Поэтому в практической деятельности для определения диаметра основного трубопровода удобнее использовать специальные номограммы или таблицы, приведенные в справочной литературе.

Есть еще один способ определения диаметра основного трубопровода. Как известно падение давления при движении сжатого воздуха в трубе зависит от длины трубы (путевые потери) и от количества установленных фитингов, кранов и т.п. (местные потери). Предполагается учитывать потери от каждого «местного сопротивления» методом эквивалентной длины трубы. Иными словами, существуют зависимости, показывающие, сколько метров необходимо дополнительно добавить к длине прямолинейного участка трубопровода при установке каждого фитинга, крана и т.п. В этом случае расчет проводится так: по длине трубопровода и расходу воздуха из таблицы выбирается первоначальный диаметр основной трубы. Далее производится подсчет всех фитингов, и при помощи таблицы перевода определяется насколько необходимо увеличить длину основного трубопровода.

Для определения диаметра трубопровода в зависимости от его длины и расхода воздуха служит Табл.1. В ней приведены допустимые значения диаметра при рабочем давлении в трубопроводе 8 бар и величине падения давления 0,1 бар на каждые 100 м трубопровода.

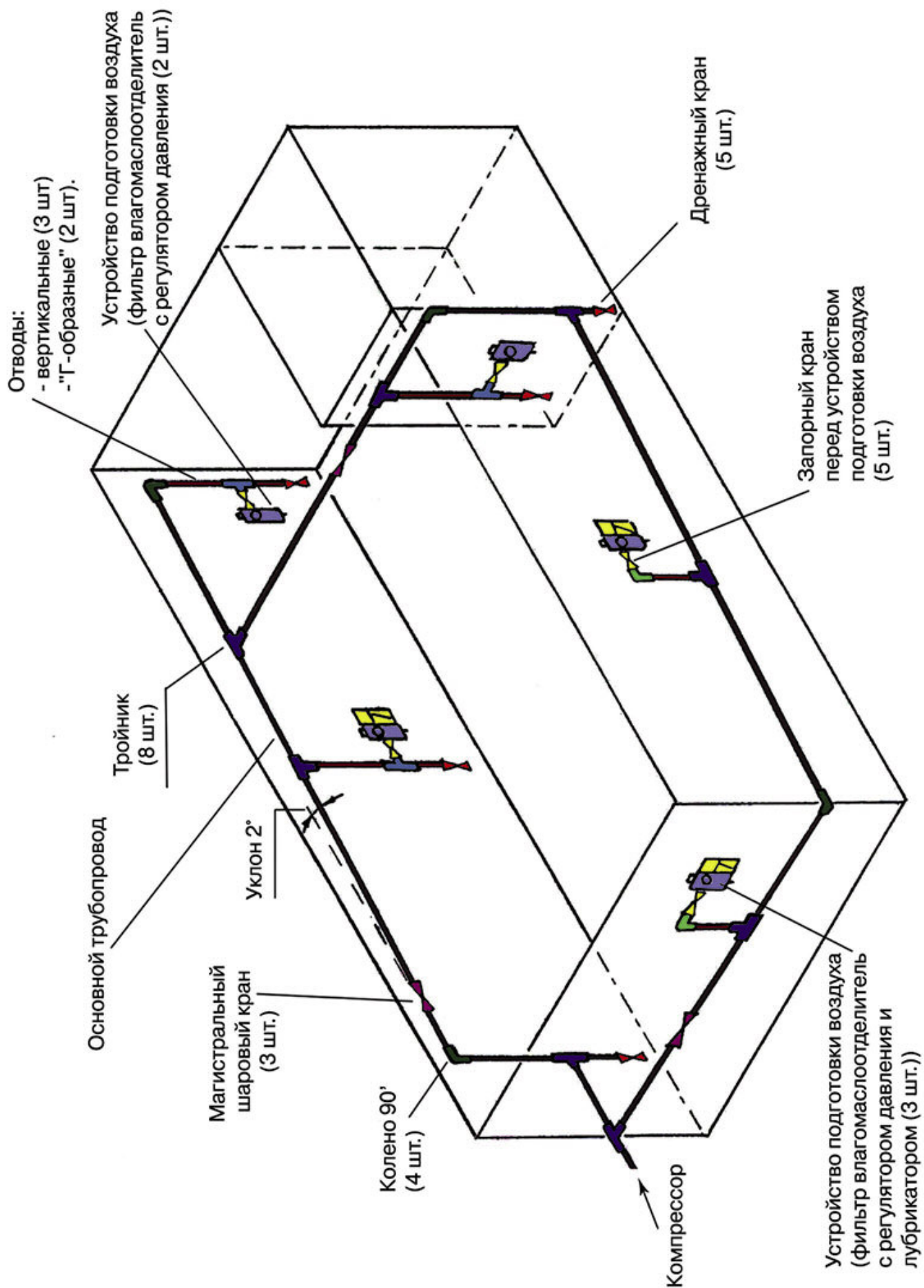


Таблица 1.

Расход воздуха, л/мин	Длина основного трубопровода, м						
	50	75	100	150	200	250	300
100	1/2"	1/2"	1/2"				
300	1/2"	3/4"	3/4"	3/4"			
500	3/4"	3/4"	1"	1"	1"	1"	1"
750	3/4"	1"	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
1000	1"	1"	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
1500	1"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
2000	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"
2500	1 1/4"	1 1/4"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	2"	2"

После определения диаметра основного трубопровода, производится подсчет фитингов и соответствующих эквивалентных длин. Значения эквивалентных длин для некоторых фитингов приведены в Табл.2.

Таблица 2.

Диаметр трубы	Эквивалентная длина трубы, м			
	Колено 90°	Колено 45°	Тройник	Шаровой кран
1/2"	0,3	0,15	0,1	2
3/4"	0,4	0,2	0,15	4
1"	0,5	0,25	0,2	6
1 1/4"	0,6	0,3	0,25	8
1 1/2"	0,8	0,4	0,35	10
2"	0,9	0,5	0,45	15

В качестве примера рассмотрим Рис.1. Предположим, что длина основного трубопровода составляет 100 м, а расход воздуха 700 л/мин. По Табл.1 находим, что искомый диаметр равен 1".

Для монтажа пневмосистемы используются следующие фитинги (эквивалентные длины находим в Табл.2):

- колено 90° – 4 шт. х 0,5 м = 2 м;
- тройник – 8 шт. х 0,2 м = 1,6 м;
- магистральные краны – 3 шт. х 6 м = 18 м.

Получаем, что эквивалентная длина трубопровода с учетом фитингов – 21,6 м, а общая длина – 121,6 м. Повторная проверка по Табл.1 показывает, что использование основной трубы с диаметром 1" допустимо. В противном случае диаметр трубопровода следовало бы увеличить.

Следующий шаг - определение диаметров отводов для подключения пневмооборудования. Для выбора диаметра отвода служит Табл.3, где указаны максимальные значения пропускной способности для отводов различной длины и диаметра.

Таблица 3.

Диаметр трубы	Пропускная способность (л/мин) при длине отвода не более	
	1 м	5 м
3/8"	380	230
1/2"	1200	770
3/4"	1980	1380
1"	3000	2160

Это завершающий подготовительный этап работы. После его выполнения проводится монтаж магистрали. По завершении монтажа осуществляется продувка трубопровода и его проверка на герметичность.

P.S. ШУТКИ НА ВЕТЕР

- Всю прошлую ночь не мог уснуть - кто-то звал на помощь.

- Не обращай внимания - это налоги душили малый и средний бизнес с первого этажа...

Что общего между клиентами и женщинами?

Клиенты и женщины всегда говорят «нет».

Кого-то это останавливает. Кого-то нет...