

Из каких компонентов состоит система MQL

Структура системы минимального количества смазки для металлообработки

Система MQL — Minimum Quantity Lubrication — точно дозирует небольшое количество масла, соединяет его со сжатым воздухом и доставляет масловоздушный поток непосредственно к режущей кромке инструмента.

Типовой путь: бачок с маслом → дозатор → смешивание с воздухом → магистраль → сопло или шпиндель → режущая кромка

Основные компоненты системы MQL

Компонент	Назначение
Бачок для масла	Хранит специальное MQL-масло и обеспечивает его стабильный забор.
Масляный насос или дозатор	Подаёт очень малые и повторяемые порции масла.
Блок подготовки воздуха	Очищает сжатый воздух и устанавливает необходимое давление.
Смесительный узел	Соединяет масло и воздух либо формирует аэрозоль.
Клапаны управления	Включают и отключают подачу масла и воздуха по команде станка.
Трубки и коаксиальные шланги	Доставляют масло, воздух или готовую смесь к инструменту.
Распиливающее сопло	Формирует факел и направляет поток в зону резания.
Контроллер	Задаёт объём порции, частоту, время подачи и продувку.
Датчики	Контролируют уровень масла, давление и работу системы.
Фитинги и крепления	Соединяют магистрали и фиксируют сопла в требуемом положении.

1. Бачок для MQL-масла

Обычно это прозрачная или полупрозрачная ёмкость объёмом от нескольких сотен миллилитров до нескольких литров. Прозрачные стенки позволяют визуально контролировать остаток масла.

Возможное оснащение бачка

- заливная крышка и сапун;
- заливной или заборный фильтр;
- указатель уровня;
- электрический датчик минимального уровня;
- заборная трубка;

- сливная пробка.

Важно: применяется специальное масло для MQL. Обычное масло для направляющих или гидравлическое масло подходит не всегда.

2. Насос или микродозатор масла

Дозирующее устройство определяет фактический расход масла. Оно должно выдавать небольшие, стабильные и повторяемые порции даже при длительной работе и изменении частоты включения.

Возможные типы дозаторов

- импульсный поршневой дозатор;
- микроплунжерный насос;
- электромагнитный микродозатор;
- пневматический дозирующий насос;
- шестерённый насос с регулированием;
- регулируемый капельный дозатор.

Что регулируется

- объём масла за один импульс;
- частота импульсов;
- общее время работы;
- подача для каждого отдельного сопла;
- параметры для разных инструментов.

3. Блок подготовки сжатого воздуха

Большинство MQL-систем использует сжатый воздух для транспортировки масла, формирования факела и удаления стружки из зоны обработки.

Обычный состав блока

- воздушный фильтр;
- регулятор давления;
- манометр;
- отсечной клапан;
- электромагнитный клапан;
- при необходимости — влагоотделитель.

На вход MQL должен поступать чистый и достаточно сухой сжатый воздух. Загрязнение и конденсат ухудшают стабильность дозирования и распыления.

4. Смесительный узел

В смесительном узле масло соединяется с воздухом. Место смешивания зависит от конструкции системы.

Одноканальная MQL

Масло и воздух смешиваются в генераторе. По одной магистрали к инструменту движется уже готовая масловоздушная смесь или аэрозоль.

Двухканальная MQL

Масло и воздух транспортируются отдельно и смешиваются ближе к инструменту:

- в наружном сопле;
- около шпинделя;
- во вращающемся соединении;
- в специальном инструментальном патроне.

Преимущество двухканальной схемы: более независимая регулировка масла и воздуха и меньшее оседание масла в длинной магистрали.

5. Клапаны управления

Клапаны позволяют включать систему только во время обработки и выполнять продувку после завершения операции.

- электромагнитный воздушный клапан;
- масляный клапан;
- обратный клапан;
- клапан сброса давления;
- клапан быстрого отключения;
- индивидуальные клапаны отдельных каналов.

6. Трубки и коаксиальные шланги

В системе могут использоваться одноканальные, двухканальные и коаксиальные магистрали. В коаксиальном шланге одна трубка расположена внутри другой: по внутреннему каналу может идти масло, а по внешнему — воздух.

При проектировании учитываются

- внутренний диаметр трубок;
- максимальная длина магистрали;
- минимальный радиус изгиба;
- ориентация и прокладка трубок;
- совместимость фитингов;
- устойчивость к вибрации и маслу.

7. Распыляющие сопла

При наружной MQL сопло является конечным элементом системы. Оно должно направлять поток точно в место контакта режущей кромки с заготовкой.

Основные элементы сопла

- корпус;
- вход воздуха;
- вход масла;
- смесительная камера;
- распыляющий наконечник;
- гибкий или жёсткий держатель.

Варианты исполнения

- одноканальные;
- двухканальные;
- плоскофакельные;
- круглофакельные;
- коаксиальные;
- многосопловые.

Практический момент: для крупного инструмента или закрытой зоны резания иногда устанавливают два сопла с разных сторон.

8. Контроллер и интерфейс управления

Простая система может включаться от электромагнитного клапана или таймера. Промышленная MQL для CNC обычно получает команды от контроллера станка.

Контроллер может задавать

- давление или расход воздуха;
- объём одной порции масла;
- частоту дозирования;
- время предварительной подачи;
- время продувки после обработки;
- активное сопло;
- рецепты для разных инструментов.

Возможные способы управления: встроенный таймер, PLC, дискретные входы/выходы, CNC-команда или промышленная сеть.

9. Датчики и элементы контроля

Для автоматического оборудования важно не только подать масло, но и подтвердить исправность системы. Состав контроля зависит от критичности операции.

- датчик минимального уровня масла;
- реле давления воздуха;
- датчик давления масла;
- датчик импульса дозатора;
- расходомер воздуха;
- датчик расхода масла;
- датчик наличия аэрозоля;
- индикатор загрязнения фильтра;
- аварийный выход в систему управления станка.

10. Фитинги, крепления и вспомогательные элементы

В эту группу входят элементы, обеспечивающие герметичность, монтаж и точное позиционирование системы:

- прямые и угловые фитинги;
- тройники и коллекторы;
- обратные клапаны;
- быстросъёмные соединения;
- кронштейны;
- магнитные основания;
- гибкие сегментные держатели сопел;
- защитные кожухи и кабельные вводы.

Дополнительные компоненты внутренней MQL

При подаче через шпиндель к базовой MQL-системе добавляются специальные станочные компоненты:

- вращающееся соединение;
- центральный канал шпинделя;
- герметичный инструментальный патрон;
- переходные элементы внутри шпинделя;
- инструмент с внутренними каналами;
- смесительный узел около шпинделя — для некоторых двухканальных систем;
- система продувки и очистки каналов.

Путь внутренней подачи: генератор MQL → магистраль → вращающееся соединение → шпиндель → патрон → внутренние отверстия инструмента → режущая кромка

Минимальная комплектация наружной MQL

Для пилы, сверлильного или простого фрезерного станка обычно достаточно:

- бачка с MQL-маслом;
- пневматического микродозатора;
- фильтра-регулятора воздуха;
- электромагнитного клапана;
- двухканальной или коаксиальной трубки;
- одного или двух распыляющих сопел;
- таймера или сигнала управления от станка.

Комплектация промышленной MQL для CNC

Для автоматического обрабатывающего центра обычно предусматривают:

- генератор MQL;
- точный регулируемый дозатор;
- резервуар с датчиком уровня;
- блок подготовки воздуха;
- контроллер;
- датчики давления и подачи;
- интерфейс с CNC;
- вращающееся соединение;
- шпиндель и патроны, рассчитанные на внутреннюю подачу;
- инструмент с внутренними каналами.

Сравнение наружной и внутренней MQL

Параметр	Наружная MQL	Внутренняя MQL
Способ подачи	Через сопло рядом с инструментом	Через шпиндель, патрон и каналы инструмента
Сложность	Относительно простая	Высокая, требуется подготовленный станок
Стоимость	Ниже	Выше
Доступ к режущей кромке	Зависит от положения сопла и стружки	Поток выходит непосредственно у режущих кромок
Глубокое сверление	Ограниченно	Предпочтительно
Смена инструмента	Сопло иногда нужно перенастраивать	Управляется программой станка и конструкцией инструмента

Основа любой MQL-системы — три функциональные части: точное дозирование масла, подготовка сжатого воздуха и доставка масловоздушного потока к режущему инструменту.

Обратный масляный клапан пропускает масло **только в сторону сопла** и не позволяет ему двигаться обратно к насосу или бачку.

В системе MQL он выполняет несколько задач:

- **Не даёт маслу стекать обратно** после остановки системы. Масляная линия остаётся заполненной, поэтому при следующем включении смазка быстрее поступает к инструменту.
- **Предотвращает попадание сжатого воздуха в масляную линию.** Это особенно важно в двухканальной системе, где масло и воздух соединяются возле сопла. Давление воздуха не должно выталкивать масло назад.
- **Уменьшает запаздывание подачи.** Без клапана после длительной остановки насосу пришлось бы заново заполнять трубку.
- **Снижает риск образования воздушных пузырей,** которые вызывают неравномерное дозирование.
- **Не допускает перетекания между каналами,** когда одна система питает несколько сопел.
- **Уменьшает подтекание из бачка,** если сопло расположено ниже резервуара.

Типичная схема:

бачок → дозирующий насос → обратный клапан → масляная трубка → распыляющее сопло

Однако обратный клапан нужен не во всех MQL-системах. Он может уже находиться внутри дозирующего насоса или самого сопла. Поэтому отдельно устанавливать второй клапан следует только по схеме производителя.

Важно подобрать клапан с **низким давлением открытия**. Слишком тугой клапан может мешать прохождению микроскопических порций масла и нарушать точность MQL. Для импульсной микросмазки обычно используют компактный пружинный или шариковый клапан, рассчитанный на небольшие расходы.

На изображении корректнее подписать его так:

«Обратный клапан масляной линии — предотвращает обратный поток масла и попадание воздуха в масляный канал».