



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

# Синтез обобщенной структурной схемы системы оптимального управления процессом проветривания с цифровым двойником

*Семинар цикла Цифровые трансформации*

Павлов Виталий Андреевич, студент  
3 курса образовательной программы  
"Программная инженерия" НИУ  
ВШЭ-Пермь

1. Система управления проветриванием и расчет индикаторов оценки качества ее работы
2. Структурные схемы систем автоматического управления проветриванием шахт и рудников
3. Цифровой двойник
4. Структурная схема системы оптимального управления процессом проветривания на основе цифрового двойника технологического объекта

Система автоматического управления проветриванием шахты предназначена для централизованного контроля расхода воздуха в горных выработках и автоматического управления поступлением воздуха на шахту и его распределения между участками, путем соответствующих воздействий на ГВУ (главную вентиляторную установку) и подземные регуляторы расхода воздуха, в целях поддержания необходимого вентиляционного режима. Данная система должна решать ряд задач:

- обеспечение достаточным количеством воздуха всех рабочих мест и путей перемещения в подземных выработках;
- поддержание температуры вентилируемого воздуха в допустимых границах;
- непосредственное управление работой ГВУ и других регуляторов воздухораспределения.

## Контролируемые параметры:

- $Q$  – объемный расход;
- $t$  – температура воздуха;
- $q$  – концентрации вредных примесей;
- $E$  – энергопотребление;

## Управляющие параметры:

- $m$  – управляющее воздействие подсистемы ГВУ;
- $s_1...s_n$  – положение управляемых вентиляционных дверей и состояние вспомогательных вентиляторов;
- $u$  – управление ШКУ;

# Параметры автоматизированной системы управления проветриванием

Измеряемые возмущающие параметры:

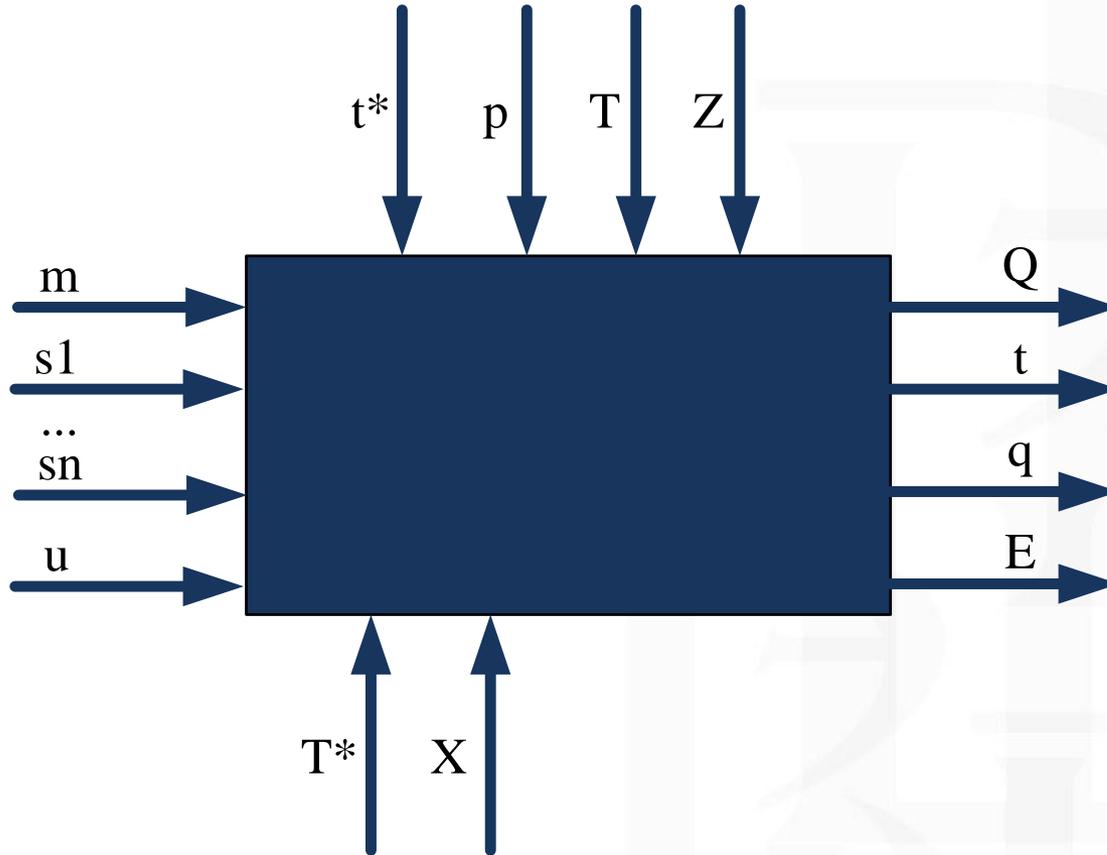
- $t^*$  – температура окружающей среды;
- $p$  – атмосферное давление;
- $T$  – топология шахты в соответствии с процессом разработки месторождения;
- $Z$  – тарифная сетка;

Не измеряемые возмущающие параметры:

- $T^*$  – топология шахты в соответствии со случайными изменениями вентиляционной сети (например, поршневой эффект от движущегося транспорта, подъемных сосудов и т.д.);
- $X$  – неизвестные факторы;



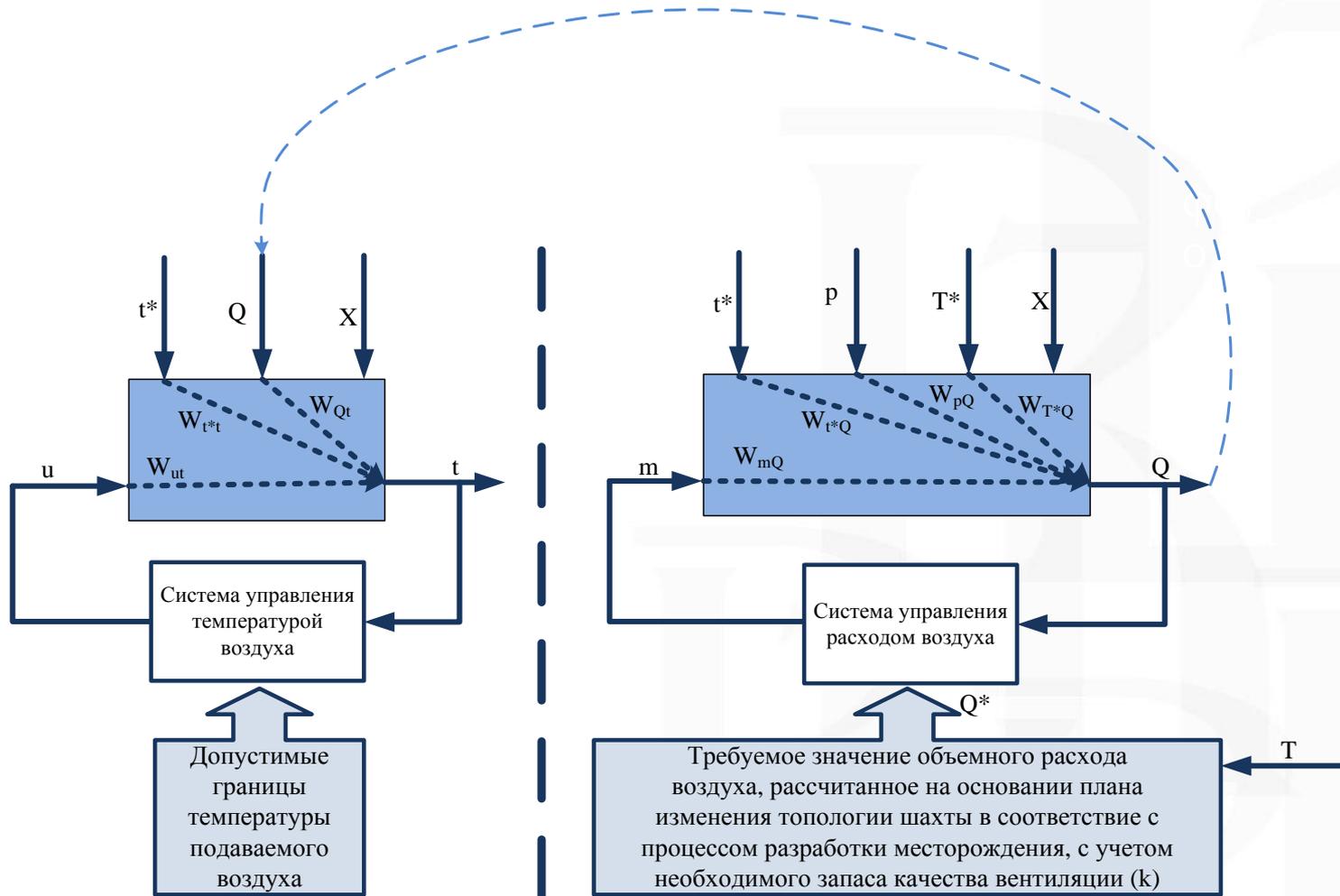
# Объект автоматизированной системы управления проветриванием с точки зрения парадигмы «черный ящик»

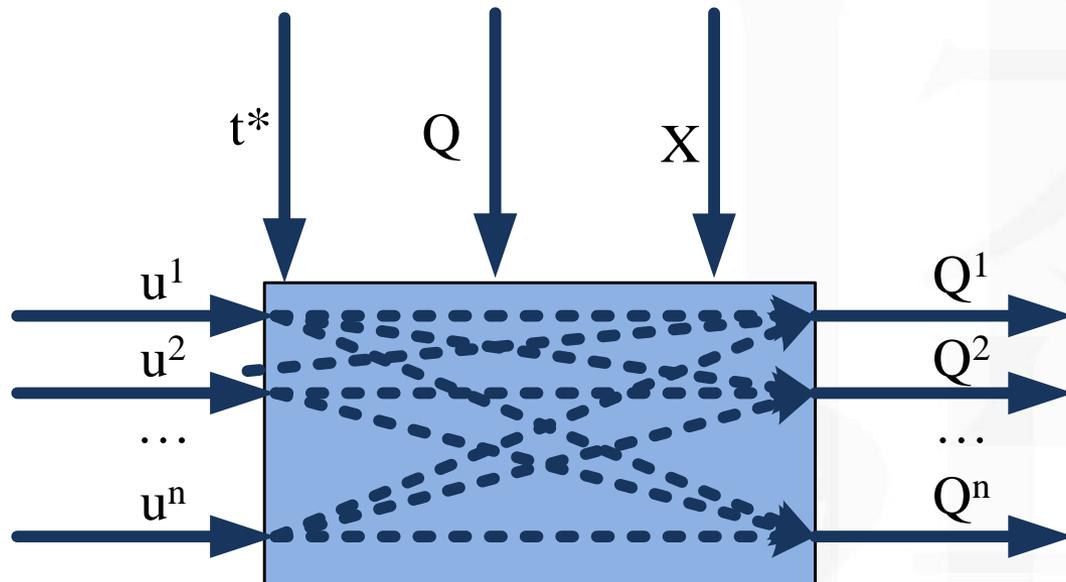


# Принцип настройки контролируемых параметров

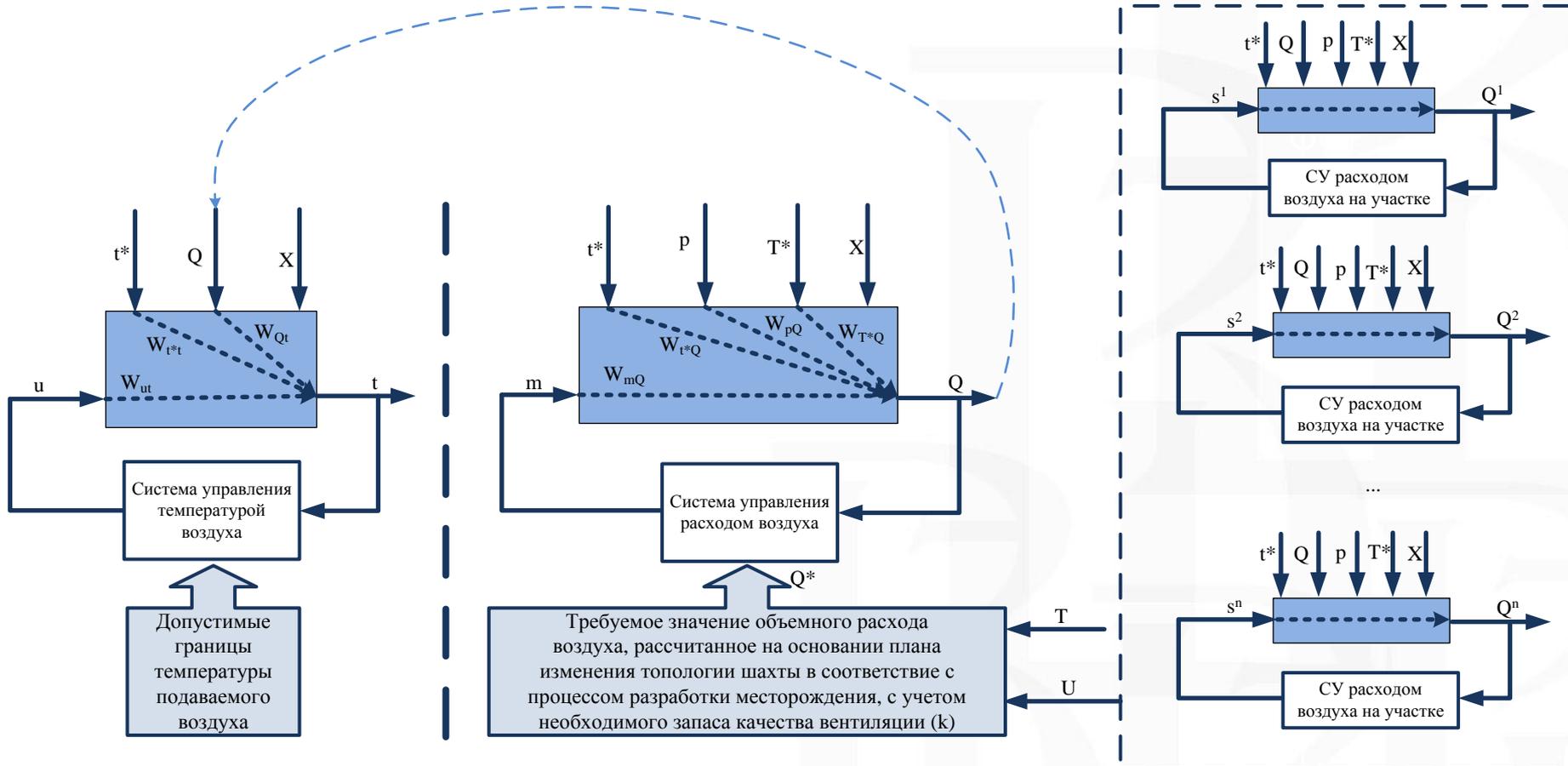
Автоматическая система управления вентиляцией настраивается в соответствии с критерием, формулируемым как: «обеспечение необходимого и достаточного объема воздуха с температурой в допустимом диапазоне при минимизации энергопотребления при ограничении на показатель концентрации вредных примесей в воздухе».

# Структура автоматической системы управления вентиляцией шахты, обеспечивающей необходимый расход воздуха

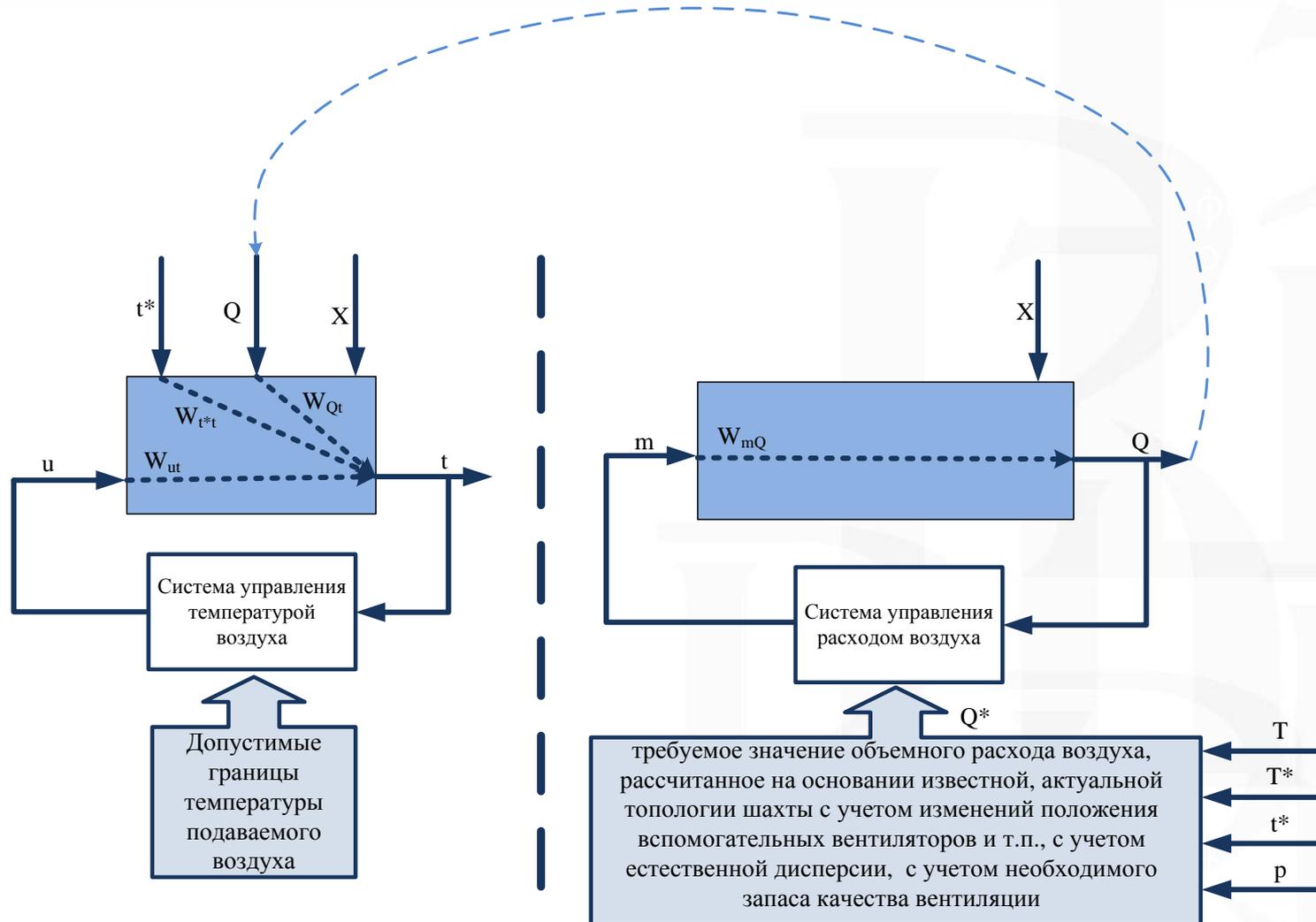




# Структура автоматической системы управления вентиляцией шахты, обеспечивающей необходимый расход воздуха и его внутришахтное распределение

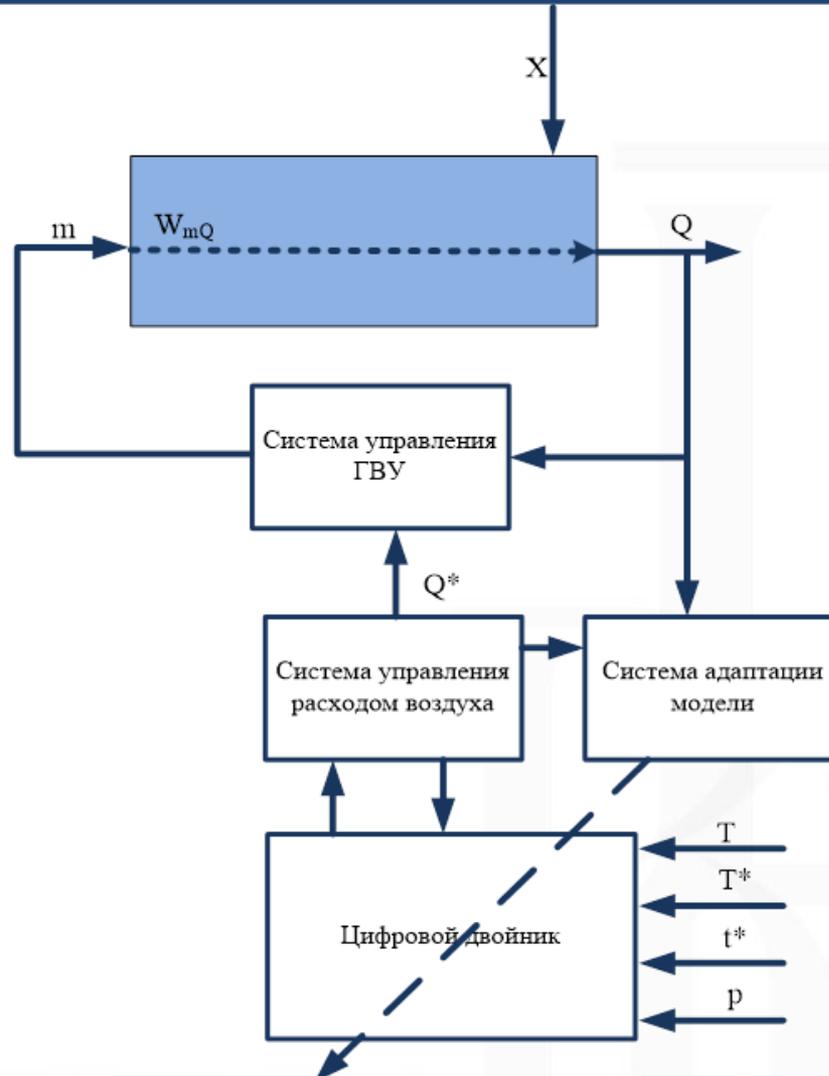


# Структура автоматической системы управления вентиляцией шахты, обеспечивающей необходимый расход воздуха и минимизацию энергопотребления



Цифровой двойник – компьютерная модель, позволяющая в реальном времени рассчитывать требуемый объемный расход воздуха, прокачиваемого через шахту. Известные, измеряемые технологические параметры задаются как параметры состояния рудника для его цифрового двойника, а система управления расходом воздуха осуществляет поиск достаточного объемного расхода воздуха для заданных условий. Система адаптации модели осуществляет оценку адекватности цифрового двойника реальному технологическому объекту и выполняет корректировку в случае превышения допустимого отклонения модели.

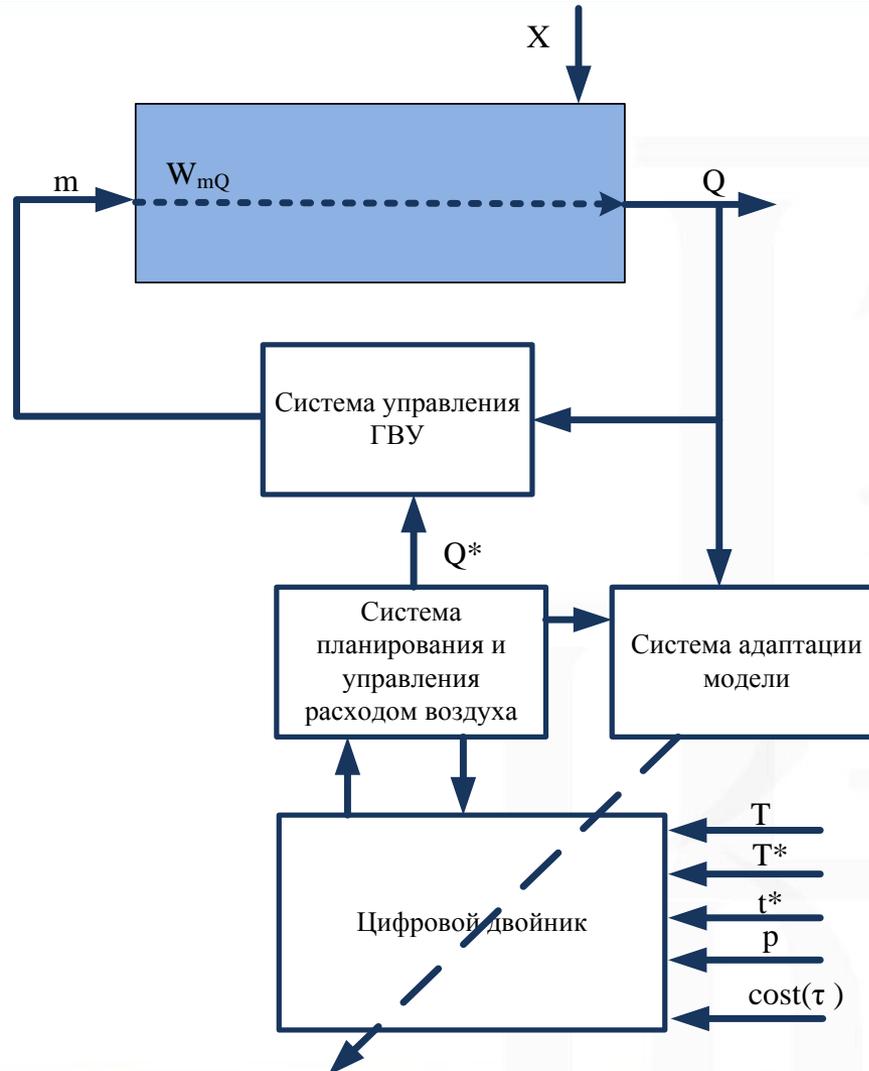
# Структура автоматической системы управления вентиляцией шахты при минимизации затрат на энергопотребление на основе цифрового двойника технологического объекта



- Создание адаптивной системы управления вентиляцией шахты.
- Проведение испытаний, изучение поведения технологического объекта в различных предполагаемых ситуациях.
- Предоставление возможности планирования оптимальной траектории изменения задания на систему управления расходом воздуха в течение оптимального заданного периода времени.



# Структура автоматической системы управления вентиляцией шахты при минимизации затрат на энергопотребление на основе цифрового двойника технологического объекта с учетом суточной стоимости электроэнергии





НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо  
за внимание!