



## Урок 52. Регуляция функций

Листы ученика. Ответы и примечания учителю — в отдельной части.

Естественно-научный эксперимент · 9 класс

Урок 52 из 64 · 45 минут · Модуль «Эксперименты по анатомии»

Уровень: Исследовательский для 9 класса: строим модель, проверяем расчёт и объясняем границы вывода. Нужны проценты, среднее и чтение таблиц; новые понятия разобраны на примере.

Вся программа курса

В модели регулятора величина после отклонения возвращается к исходному уровню. Значит ли это, что любое уменьшение показателя является отрицательной обратной связью?

Проверяемый результат:

Собрать замкнутую схему регуляции, различить измерение и воздействие, проверить знак обратной связи по двум направлениям отклонения.

### 01. Проблемная ситуация

0-5 минут · Вопрос и проверяемое предположение

Карточки: «датчик», «центр сравнения», «исполнитель», «величина X», «сигнал о X». Цель модели  $X = 10$  усл. ед. После возмущения  $X = 14$ . За 2 минуты предложите порядок карточек, за 3 добавьте стрелку возврата информации. Объясните, чем схема с обратной стрелкой отличается от односторонней команды.

### 02. Объяснение и разобранный пример

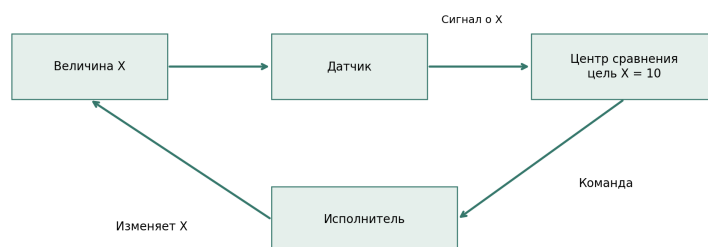
5-14 минут · Понятия, расчёт и ограничения

Регуляция связывает получение сведений о состоянии, обработку сигнала и работу исполнителя. В нервной регуляции сигналы передаются по нервным путям; в гуморальной участвуют вещества, переносимые жидкими средами организма. Гормон действует на клетки с подходящими рецепторами. В одном процессе могут участвовать оба механизма; скорость сама по себе не служит безошибочным классификатором.

Отрицательная обратная связь означает противодействие отклонению: выше целевого уровня действие снижает X, ниже - повышает. Слово «отрицательная» не означает вред. Контур замыкается информацией о новом состоянии. Постоянное снижение X независимо от исходного отклонения не является таким правилом.

Учебный регулятор:  $X$  после шага =  $X$  до шага +  $0,5 \times (10 - X \text{ до шага})$ . Если  $X = 14$ , ошибка  $10 - 14 = -4$ , изменение  $-2$ , новое  $X = 12$ . На следующем шаге изменение  $-1$ ,  $X = 11$ . Если  $X = 6$ , изменение  $+2$ , новое  $X = 8$ . Это математическая аналогия принципа, не уравнение работы органа.

Обратная связь: возвращается информация о состоянии



Замкнутый информационный контур. Датчик передаёт состояние X центру; центр задаёт действие исполнителю, исполнитель меняет X. Цель 10 усл. ед. относится только к учебной модели.



### 03. Практика 1: данные и доказательство

14-25 минут · Первая серия

| Шаг | X до шага        | Ошибка $10 - X$ | Изменение | X после |
|-----|------------------|-----------------|-----------|---------|
| 1   | 14               | ...             | ...       | ...     |
| 2   | результат шага 1 | ...             | ...       | ...     |
| 3   | результат шага 2 | ...             | ...       | ...     |

За 2 минуты распределите роли «вычисляет» и «проверяет знак», за 4 заполните таблицу, за 3 подпишите на схеме все пять узлов, за 2 обменяйтесь проверкой. Продукт: три строки и замкнутый контур. Критерии: правильный знак, новое значение на каждом шаге, информация возвращается после действия.

### 04. Практика 2: перенос на новые условия

25-33 минуты · Самостоятельный перенос

Новая модель Б:  $X \text{ после} = X \text{ до} + 0,5 \times (X \text{ до} - 10)$ . Начало  $X = 6$ . За 3 минуты найдите три следующих значения для исходной модели А и для Б; за 3 сравните расстояние до 10; за 2 объясните, какой знак обратной связи реализован. Запишите две цепочки и вывод.

### 05. Обсуждение: аргумент и альтернатива

33-40 минут · Аргумент и обоснованный вывод

За 2 минуты оцените фразу «положительная обратная связь всегда плохая», за 3 предложите техническую ситуацию, где усиление полезно, за 2 сформулируйте отличие полезности от знака связи. Даны варианты: микрофон у динамика усиливает помеху; запуск цепной сигнализации быстро распространяет сигнал. Используйте оба примера и объясните необходимость остановки процесса.

### 06. Индивидуальная проверка

40-45 минут · Собственное решение

Модель А, начало  $X = 18$ . За 5 минут найдите  $X$  после двух шагов, назовите роль датчика и укажите одно ограничение переноса на организм. Четыре элемента, по 1 баллу: первое значение, второе, роль, ограничение.



# Ответы, критерии и примечания учителю

## Учителю: подготовка и план на 45 минут

Нужны схема, таблица, карандаши и калькулятор. Предпосылки: система органов, нервный сигнал, гормон. Работа с условным показателем  $X$ ; это не температура, давление или показатель здоровья человека. Измерений учеников, физических нагрузок и регистрации нет. Карточки узлов можно переписать на пять бумажек. За 45 минут проверяется модель, а не физиологическая реакция.

| Минуты | Работа                       | Проверяемый продукт                  |
|--------|------------------------------|--------------------------------------|
| 0-5    | Проблемная ситуация          | Вопрос и проверяемое предположение   |
| 5-14   | Понятия и разобранный пример | Пояснение величин и метода           |
| 14-25  | Практика 1                   | Расчёт, схема или протокол по данным |
| 25-33  | Практика 2                   | Решение на новых условиях            |
| 33-40  | Обсуждение                   | Аргумент, альтернатива и вывод       |
| 40-45  | Индивидуальная проверка      | Самостоятельный ответ и исправление  |

Все тексты, рисунки и данные включены. Без регистрации: распечатайте ученическую часть PDF или используйте доску. Ответы открывайте после самостоятельной попытки. Минуты включают чтение, записи и переходы. В конце соберите индивидуальную работу. 0-1 балл: разобрать пример повторно; 2-3: уточнить пропущенное звено; 4: объяснить ограничение модели. Это обратная связь, не обязательная школьная отметка.

## Разбор практики 1 и критерии

Шаги:  $14 \rightarrow 12 \rightarrow 11 \rightarrow 10,5$ . Ошибки  $-4, -2, -1$ ; изменения  $-2, -1, -0,5$ . Отклонение от 10 уменьшается вдвое. Датчик не «исправляет»  $X$ : он даёт информацию. Исполнитель изменяет  $X$ , центр сравнивает. Достижение ровно 10 за три шага этой моделью не предусмотрено.

## Ответ и объяснение практики 2

А:  $6 \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow 9,5$ ; отклонение уменьшается. Б:  $6 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow -3,5$ ; отклонение растёт. Б усиливает отклонение, это положительная обратная связь в данной модели. Отрицательное число  $X$  допустимо математически, но показывает, что Б нельзя без ограничений трактовать как реальный физиологический показатель.

## Опора для обсуждения

Знак описывает направление влияния, а не оценку пользы. Усиление может распространять нужный сигнал или помеху. Нужны предел и условие прекращения. По двум примерам нельзя приписывать все свойства технических устройств организму. Для стабилизации около цели полезно уменьшение отклонения; для быстрого запуска иной функции критерий может быть другим.

## Ключ и критерии индивидуальной работы

$18 \rightarrow 14 \rightarrow 12$ . Датчик сообщает о состоянии, не выполняет корректирующее действие. Ограничение: организм имеет задержки, несколько сигналов и изменяющиеся условия; модель с постоянным коэффициентом 0,5 и целью 10 их не описывает.



## 07. Соответствие исходной программе

### Пункт программы → действие ученика → проверяемый результат

| Пункт программы                                        | Действие ученика                      | Проверяемый результат                       |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| Нейрогуморальная регуляция процессов жизнедеятельности | Собрать замкнутую схему               | Отличить сигнал, сравнение и действие       |
| Нервная и эндокринная системы                          | Сопоставить каналы регуляции и модель | Объяснить знак связи и ограничение аналогии |

Опора - раздел «Эксперименты по анатомии» опубликованной программы на 64 часа. Это самостоятельный урок на 45 минут. Подробный сценарий, распределение времени и учебные числовые серии - методическая разработка. Предоставленные данные не выдаются за опыт, проведённый авторами или этим классом.

Исходная программа

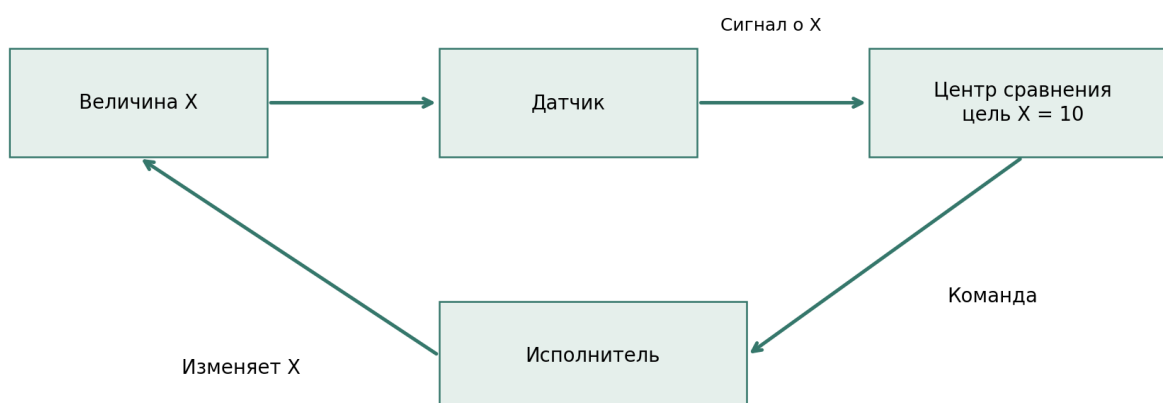
### Источники и права на изображения

OpenStax: принцип обратной связи

Источники проверены 16.10.2026. Числовые наборы - учебные данные, не результаты проведённых авторами опытов. Схемы и графики подготовлены порталом «Школы России». Ответы и примечания учителю в PDF выделены отдельно.

### Иллюстрация: увеличенная копия для печати

Обратная связь: возвращается информация о состоянии



Замкнутый информационный контур. Датчик передаёт состояние X центру; центр задаёт действие исполнителю, исполнитель меняет X. Цель 10 усл. ед. относится только к учебной модели.