

УДК 621.316.7

О.В. Вересова, С.В. Белкова, А.В. Кожеевников

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С НЕЧЕТКИМ РЕГУЛЯТОРОМ ПОЛОЖЕНИЯ

В статье исследуется позиционный электропривод с нечетким регулятором положения в сравнении с электроприводом с пропорциональным регулятором положения. Показана более высокая эффективность использования нечеткого управления в автоматизированных электроприводах по сравнению с традиционными методами.

Позиционный электропривод, нечеткий регулятор, фаззи-логика, переходные процессы.

The article studies the position electric drive with fuzzy controller position in comparison with the electric drive with proportional controller position. The high efficiency of using the fuzzy control in automated electric drives compared with traditional methods is shown in the paper.

Position electric drive, fuzzy controller, fuzzy logic, transients.

В современных технологиях находят все большее применение интеллектуальные системы управления, среди которых имеют место и так называемые нечеткие системы, основанные на алгоритмах нечеткой логики. Достоинство данных систем – возможность для сложных и трудно математически описываемых объектов управления сформулировать на логической основе необходимые алгоритмы управления при многих входных переменных [1] – [3]. Это позволяет повысить качество автоматизированного технологического процесса многих производственных систем.

Актуальной для многих отраслей производств, в том числе металлургии, является задача повышения эффективности перемещения объекта, выполняемого позиционными автоматизированными электромеханическими системами.

От того, насколько качественно данные позиционные электроприводы осуществляют заданные технологическим регулятором перемещения рабочих органов, зависит и качество управляемого технологического процесса. Задачу – получить наибольшее быстродействие при отсутствии перерегулирования и в пределах требуемой точности позиционирования – можно считать актуальной при оптимизации рас-

сматриваемой группы позиционных электроприводов по технологическому признаку [2], [3].

В данной работе произведено исследование позиционного электропривода постоянного тока с различными системами управления. Выполнена сравнительная оценка функционирования стандартной трехконтурной системы управления с П-регулятором положения и системы управления с нечетким регулятором положения.

Применительно к исследуемой САУ позиционного электропривода в качестве управляемой величины рассматривается перемещение электровоза коксохимического производства L . На рис. 1 представлена упрощенная структурная схема САУ позиционного электропривода с нечетким регулятором. В качестве объекта управления (ОУ) – стандартная двухконтурная система стабилизации скорости. Обратную связь по положению L_{OC} получаем интегрированием сигнала обратной связи по скорости:

$$L = \int \omega dt,$$

где ω – скорость привода, рад/с.

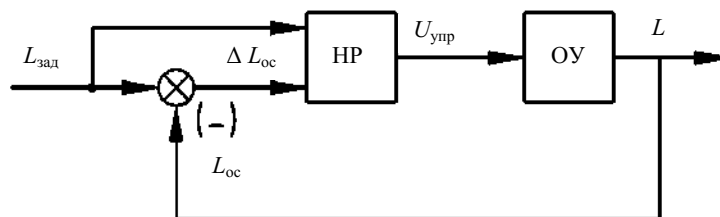


Рис. 1. Упрощенная структурная схема САУ позиционного электропривода с нечетким регулятором

Упрощенная схема нечеткого регулятора представлена на рис. 2. Система фаззи-управления состоит из четырех блоков, выполняющих последовательно в три этапа процедуру формирования алгоритма управления как функции управляющих воздействий u от входных переменных $x_1, x_2, \dots, x_n$ (рис. 2). Блок фаззификации преобразует входные физические переменные ($x_1, x_2, \dots, x_n$) в термы A_i лингвистических переменных и выделяет для каждого момента времени (для каждого временного такта) значения функций принадлежности $\mu_i(x)$ для активизированных правил.

Блок логического заключения в соответствии с правилами, заложенными предварительно экспертом в блок базы знаний, определяет термы B_j выходной лингвистической переменной и присваивает им согласно принципам нечеткой логики значения функции принадлежности $\mu_j(y)$.

Блок дефаззификации преобразует термы B_j в управляющий сигнал $u = \eta$.

Реализация алгоритма управления в регулируемых электротехнических системах возлагается на фаззи-регулятор. Процедура построения алгоритма фаззи-регулятора, выполняемого поэтапно, представлена в виде структурной схемы на рис. 3.

Разрабатываемый регулятор включает в себя три лингвистические переменные: две входных – ошибка e , задание на перемещение se , и одну выходную – управление u (рис. 4). Лингвистические переменные e, se и u имеют пять термов с нечеткими значениями: «большое отрицательное» (BN), «отрицательное» (N), «нулевое» (Z), «положительное» (P) и «большое положительное» (BP). Данное количество термов представляется наиболее удобным и обеспечивает удовлетворительную чувствительность регулятора к изменению состояния системы. В качестве функций принадлежности термам были выбраны треугольные функции, определяемые тремя числами (a, b, c). Границы термов выбраны из условия их симметричности относительно положительных и отрицательных значений входных сигналов. Вид функций принадлежности для каждой переменной определяется итерационным методом (методом проб и проверок) в процессе моделирования. На этапе де-

фаззификации был использован метод центра тяжести.

После определения количества термов каждой лингвистической переменной и распределения функций принадлежности были синтезированы нечеткие правила вида:

$$R_i: \text{ЕСЛИ } e = A_{i1} \text{ И } se = A_{i2}, \text{ ТО } u = B_i,$$

База правил приведена в таблице.

Таблица

База правил для фаззи-регулятора

e, se	BN	N	Z	P	BP
BN	BN	BN	Z	P	BP
N	N	N	Z	P	BP
Z	BN	N	Z	P	P
P	P	P	PS	PM	BP
BP	BN	N	Z	BP	BP

С помощью программы MATLAB Simulink выполнено имитационное моделирование и расчет переходных процессов созданной системы. В результате проведения моделирования получены переходные процессы, представленные на рис. 5 – 7. На рисунке штриховая линия – переходные процессы в системе с П-регулятором, сплошная – в системе с фаззи-регулятором положения.

Сравнение параметров работы систем показывает, что в режиме средних и малых перемещений работа системы управления с нечетким регулятором положения по критерию время обработки сигнала на перемещение показала свою эффективность в 1,8 – 2,25 раза по сравнению с традиционно применяемым в П-регулятором. Перерегулирование и статическая ошибка в обеих системах одинаковы и равны нулю.

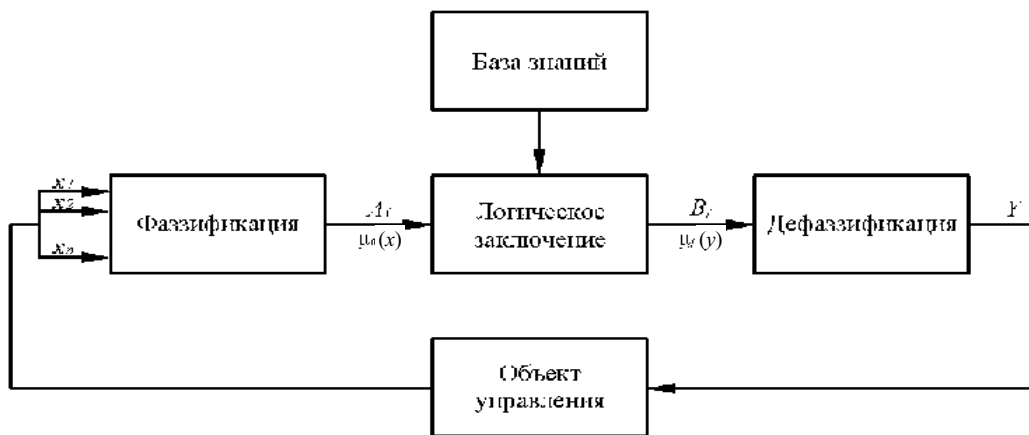


Рис. 2. Блочная структура системы фаззи-управления

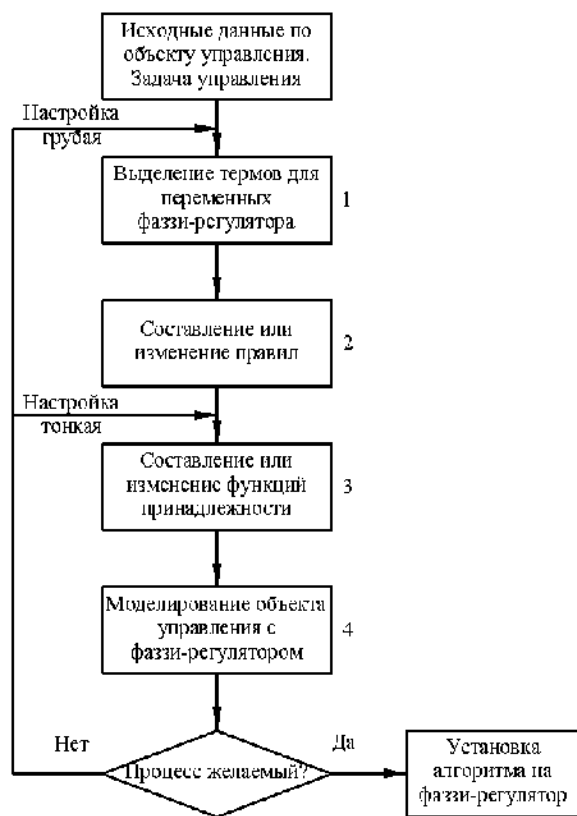


Рис. 3 Структурная схема построения алгоритма фаззи-регулятора

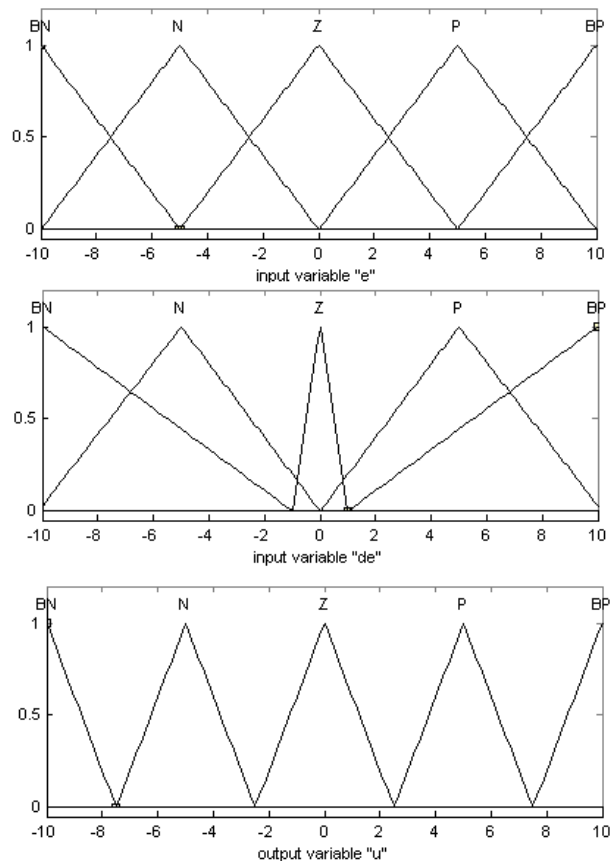


Рис. 4. Функции принадлежности термам лингвистических переменных нечеткого регулятора

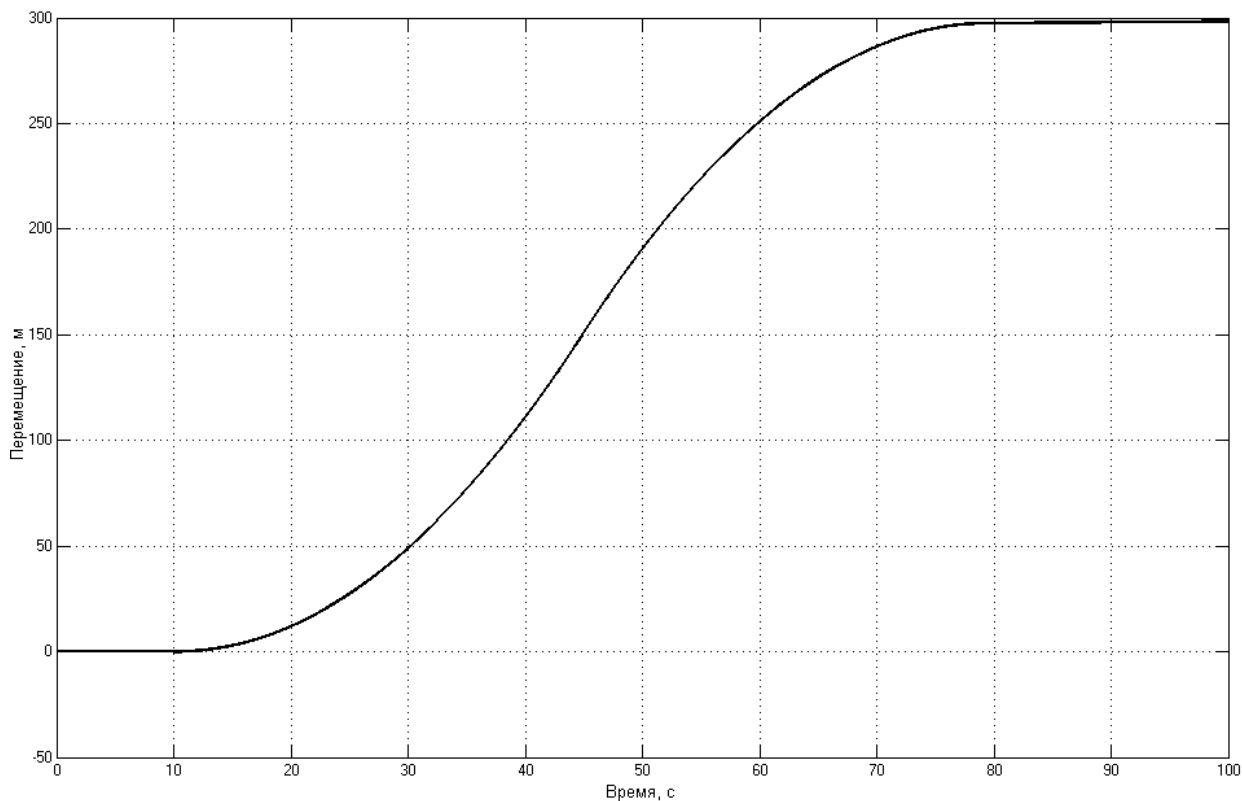


Рис. 5. Переходные процессы при большом перемещении

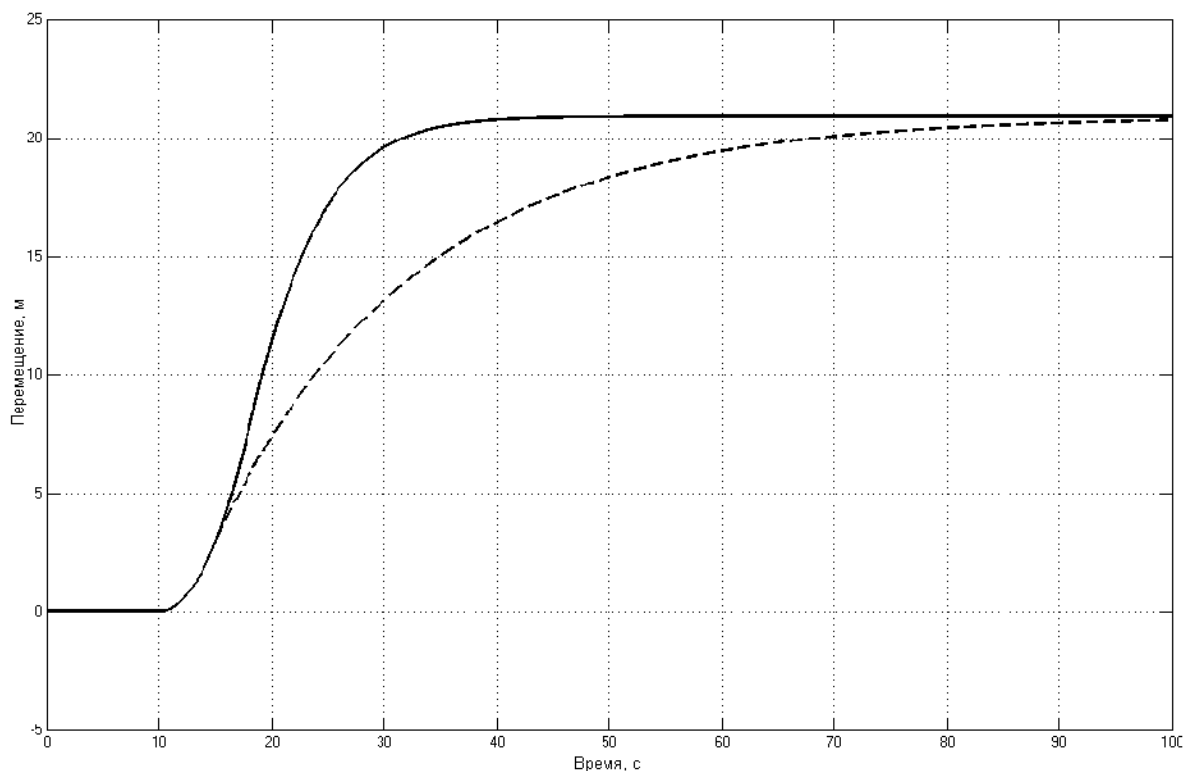


Рис. 6. Переходные процессы при среднем перемещении

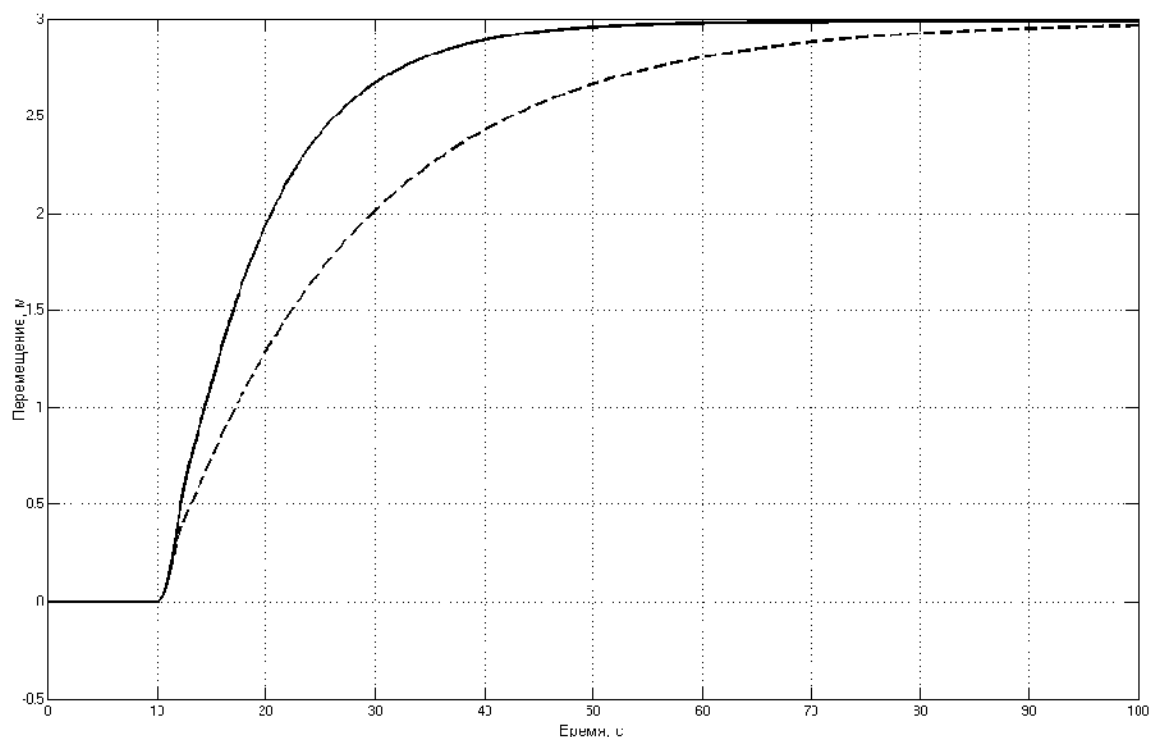


Рис. 7. Переходные процессы при малом перемещении

Выводы:

1. Разработаны структурная схема автоматизированной позиционной электромеханической системы с нечетким регулятором управления и схема построения алгоритма работы fuzzy-регулятора.
2. Проведено аналитическое моделирование процедуры построения и алгоритма работы fuzzy-регулятора.
3. В среде MATLAB Simulink создана имитаци-

онная модель позиционного электропривода, позволяющая исследовать работу систем с П-регулятором и fuzzy-регулятором положения.

4. Показана высокая эффективность использования fuzzy-регулятора положения по критерию время обработки заданного сигнала на перемещение по сравнению с традиционными регуляторами и способами управления.

Литература

1. Буренин, С.В. Исследование применения нечетких регуляторов в системах управления технологическими процессами / С.В. Буренин, М.С. Куленко // Вестник ИГЭУ. – 2010. – № 2. – С. 72 – 76.
2. Вересова, О.В. Исследование модели электропривода коксотушильного электровоза с нечетким регулятором положения / О.В. Вересова // Современная техника и технологии. – 2014. – № 1 (29). – URL: <http://technology.snauka.ru/2014/01/2998>

3. Ланграф, С.В. Динамика электропривода с нечетким регулятором / [С.В. Ланграф и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – № 4. – С. 168 – 173.

4. Терехов, В.М. Системы управления электроприводов / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – М., 2006.

5. Чернецкая, И.А. Нечеткие регуляторы в системах автоматического регулирования / И.А. Чернецкая, В.О. Чернецкий // Вестник ЮУрГУ. – 2006. – № 14. – С. 156 – 159.

УДК 531/534: [57+61]

О.Ю. Долганова

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор Ю.И. Няшин

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА БИОЛОГИЧЕСКОГО ТЕЛА

В статье представлен анализ публикаций, в которых предложены различные модели биологического роста живых тканей. Предложена новая формулировка механической модели роста, исключающая возникновение остаточных напряжений в процессе роста. Представлена дифференциальная постановка задачи ростового деформирования и ее решение средствами ANSYS. Представлены результаты численного эксперимента для решения прикладной медицинской проблемы.

Биологический рост, ростовая деформация, накопление ростовой деформации, механическая модель роста, собственная деформация.

The article presents the analysis of the publications where different models of biological growth of living tissues are proposed. The new formulation of the mechanical model of growth, excluding the occurrence of residual stresses in the process of growth is proposed. The differential formulation of the problem of the growth deformation and its solution with the help of ANSYS is proposed. The results of the numerical experiment for the solution of applied medical problem are presented.

Biological growth, growth deformation, accumulation of growth deformation, mechanical model of growth, inherent deformation.

Введение

В настоящее время биология и медицина становятся одними из самых привлекательных областей применения математики. Поскольку решение проблем, связанных с прогнозированием протекания постлечебного периода, оценка эффективности ортопедических аппаратов и искусственных заменителей путем экспериментального исследования затруднительны, то наиболее эффективным аппаратом их исследования представляется математическое моделирование. В детской ортопедии, связанной с исправлением врожденных патологий развития тканевых структур в растущем теле ребенка, первостепенными являются вопросы моделирования и управления ростом. Дело в том, что ортопедическое лечение основано на механическом воздействии ортопедических устройств на недоразвитые участки тела, подлежащие коррекции: растягивающие усилия, создаваемые ортопедическим аппаратом, стимулируют рост в направлении действия нагрузки. Вследствие данного воздействия в ткани возникает адаптивный рост, чем достигается скорейшее исправление дефекта.

Методики ортопедического лечения основаны исключительно на опыте врачей и их субъективных представлениях о ростовых процессах в костной ткани – не существует научно-обоснованных стандартов

лечения, которые определяли бы для каждого пациента индивидуально величину и способ дозирования нагрузки, создаваемой ортопедическим аппаратом. Таким образом, исследование, направленное на разработку методики моделирования и управления ростом ткани, представляет актуальность. В рамках данной статьи отражены вопросы моделирования роста в костной ткани. Вопросам управления ростом посвящены другие статьи автора [2], [3].

Решение конкретных биологических задач, связанных с моделированием ростовых процессов затруднительно ввиду сложности определения параметров роста. На сегодняшний день значения параметров роста определены в исследовании Масич А.Г. [4] для материала разобренных фрагментов твердого нёба детей с врожденным заболеванием «волчья пасть». В данной статье представлена математическая модель ростового деформирования несращенного костного нёба ребенка во время ортопедического лечения, осуществляемого в возрасте до трех лет.

Обзор математических моделей роста

Рост является общебиологическим свойством живой материи и входит в число основных составляющих биологического развития наряду с формообразованием (морфогенезом) и возникновением новых