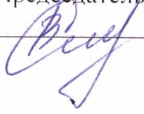



Государственное бюджетное общеобразовательное  
учреждение  
Тверской области  
Средняя общеобразовательная школа д. Мокшино  
Конаковского района Тверской области

Согласовано  
Методический совет школы  
Протокол №1 от 30.08.2022г.  
Председатель МСШ  
  
В.Ю. Смольянинова

Утверждаю  
Приказ №202-ОД от 30.08.2022г.  
Директор ГБОУ СОШ д. Мокшино  
  
О.В. Архипова



Программа внеурочной деятельности  
естественнонаучной направленности

**«Бионика»**

**Возраст: 9-16 лет**

(в рамках работы Центра образования цифрового и  
технического профиля  
«Точка роста» при ГБОУ СОШ д. Мокшино

Составил : учитель Адышева Г.Е.  
2022 – 2023 учебный год

## **ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Бионика» (далее – Программа) имеет техническую направленность. Программа раскрывает сущность науки бионики и направлена на развитие творческих способностей обучающихся, формирование начальных технических знаний и умений. Программа может быть использована при реализации проектов предпрофессионального образования. Программа может использоваться для подготовки к демонстрационному экзамену по направлениям: «Инженерный дизайн»; «Изготовление прототипов»; «Мехатроника» в рамках соревнований JuniorSkills и WorldSkills.

### **Актуальность Программы**

Бионика (от др.-греч. βίον - живущее) – прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы, то есть формы живого в природе и их промышленные аналоги. Бионика рассматривает биологию и технику совсем с новой стороны, объясняя, какие общие черты и какие различия существуют в природе и в технике.

Создание модели в бионике – это половина дела. Для решения конкретной практической задачи необходима не только проверка наличия интересующих практику свойств модели, но и разработка методов расчёта заранее заданных технических характеристик устройства, разработка методов синтеза, обеспечивающих достижения требуемых в задаче показателей. И поэтому многие бионические модели до того, как получают техническое воплощение, начинают свою жизнь на компьютере. Строится математическое описание модели. По ней составляется компьютерная программа – бионическая модель. На такой компьютерной модели можно за короткое время обработать различные параметры и устранить конструктивные недостатки.

Актуальность Программы заключается в том, что через практическую деятельность у обучающихся формируется система знаний и представлений о связи природы, человека и техники, формируются широкие созидательные возможности личности.

### **Педагогическая целесообразность Программы**

Педагогическая целесообразность определяется тем, что Программа носит практико-ориентированный характер и направлена на интеллектуальное воспитание личности, развитие познавательной активности и творческой самореализации обучающихся.

Построение образовательного процесса предусматривает опору на содержание основного образования, применение широкого комплекса знаний по базовым учебным дисциплинам: физике, информатике, алгебре, геометрии, биологии, истории.

Занимаясь по Программе, обучающиеся получают необходимые технические навыки и вводятся в своеобразную сферу материального производства, знакомятся с различными материалами, технологией, конструированием, изготовлением, сборкой, отладкой, испытанием и эксплуатацией различных поделок и моделей.

### **Отличительные особенности Программы**

В ходе реализации Программы при выполнении практической части занятий, а также при подготовке проектных работ обучающиеся могут посещать школьные лаборатории, детские Технопарки, где могут использовать современное

высокотехнологичное оборудование при создании реальных образцов высокотехнологичной продукции, приобрести практический опыт на реальных площадках наукоёмкого производства. На площадке одного Технопарка для обучающихся возможно моделирование, проектирование, конструирование и программирование технического образца.

**Цель Программы** – овладение навыками инженерного видения природы через изучение бионики и знакомство обучающихся с достижениями в области бионических технологий для повышения уровня научного познания. Задачи Программы Обучающие:

- познакомить с понятием бионики, методах и принципах бионики;
- познакомить с развитием бионических технологий;
- дать знания об основах технологических процессов создания новых материалов;
- познакомить с решением инженерных задач бионическим методом.

Развивающие:

- развивать инженерно-конструкторские умения;
- развивать фантазию, творческое видение проблем, поиск новых идей в живой природе;
- развивать устойчивый интерес к процессам, происходящим в окружающем мире;
- развивать нестандартное мышление, основанное на научных понятиях;
- развивать навыки представления и защиты своих творческих и проектных работ;
- развивать эмоционально-эстетическое и нравственное восприятие природы;
- развивать творческий потенциал и абстрактное мышление;
- развивать творческий подход к реализации полученного задания.

Воспитательные:

- воспитывать ответственное отношение к порученному делу;
- воспитывать бережное отношение к природе как источнику технических преобразований жизни человека, «мастерской» для создания комфортных условий существования разумного человека на Земле.

#### **Категория обучающихся**

Программа разработана для обучающихся 11-15 лет. Формы и методы организации деятельности ориентированы на индивидуальные и возрастные особенности обучающихся.

Прием на обучение по Программе осуществляется на добровольной основе в соответствии с интересами и склонностями детей на основании заявления родителей (законных представителей).

Сроки реализации Программы

Программа рассчитана на 1 год обучения. Продолжительность обучения составляет 68 часов. Количество часов на изучение того или иного раздела может варьироваться в зависимости от потребностей обучающихся.

Формы организации образовательной деятельности и режим занятий

Программа реализуется через дистанционное обучение (онлайнзанятия). Занятия проводятся 1 раз в неделю по 2 часа. Программа включает в себя теоретические и практические занятия.

#### **Основные формы занятий:**

урок-вебинар – урок в реальном времени для группы обучающихся;

организация и сопровождение самостоятельной работы обучающихся;

индивидуальное занятие;

консультации;

контроль и оценка как форма текущего (промежуточного) контроля.

**Планируемые (ожидаемые) результаты освоения Программы** По итогам обучения по Программе обучающиеся будут

**знать:**

- основные понятия бионики;
- историю возникновения бионики;
- особые методы и принципы бионических исследований, достигнутых в разных областях человеческой деятельности;
- особенности живых организмов на базе знания аналогичных технических устройств;
- формы живого в природе и их промышленные аналоги (строительные сооружения, машины, механизмы, приборы и т. д.);
- достижения в области бионических технологий (использование человеком в разных областях человеческой деятельности принципов организации растений и животных).

По итогам обучения по Программе обучающиеся будут

**уметь:**

- демонстрировать примеры структурной организации живых организмов и созданных на этой основе объектов;
- обнаруживать предметы, представляющие интерес в качестве модели будущей технической системы;
- использовать межпредметные связи в познании бионики.

**СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ**

Содержание учебного (тематического) плана

Тема 1. Нерукотворный источник всего живого на планете

*Практика.* Инструктаж по технике безопасности. Цель и задачи курса. Роль природы в жизни человека.

Тема 2. Природа – источник знаний и идей

*Теория.* Природа как гениальный конструктор, инженер, художник, строитель. Целесообразность, надёжность, прочность, экономичность расхода природного строительного материала при разнообразии форм и конструкций. Исследования человека «внутри живых моделей», разгадывание «секретов» действия биологических систем.

Тема 3. Бионика – наука будущего

*Теория.* «Віон» как элемент, ячейка жизни. Изучение аналогий в живой и неживой природе. Примеры некоторых биологических систем живой природы, представляющие интерес для исследователей. Строительное искусство как первые шаги в науке. Научный поиск и исследование в органическом мире гармонически сформированных функциональных структур в целях использования законов и принципов их формообразования. Направления бионики.

Тема 4. Природные аналоги и создания рук человеческих

*Теория.* Причины исчезновения растений и животных с планеты. Естественные биологические и эволюционные причины. Деятельность человека. Связь бионики с живой природой. Консервативные реликты. Разумное и бережное отношение человека к природе как залог материального благополучия людей на планете Земля, развития творческой мысли человека, развития техники, искусства и всего прогрессивного.

Тема 5. Дырчатые конструкции

*Теория.* 1889 год – создание 300-метровой металлической ажурной башни. Символ города Парижа во Франции. Инженер Гюстав Эйфель. Башня – пример единства закона формообразования естественных и искусственных структур. Идентичность распределения силовых линий в конструкциях Эйфелевой башни и берцовой кости человека. Кость как предмет изучения учёных и архитекторов. Основа конструктивного изучения структуры костей и других природных моделей как рождение в архитектуре принципа дырчатых конструкций. Использование этого принципа при строительстве моста в виде внешнего скелета морской звезды. Примеры дырчатых конструкций. Скелеты некоторых глубоководных губок, солнечников и радиолярий – простейших микроскопических

организмов. Морские стеклянные губки – корзинка Венеры. Богатство и разнообразие форм и конструктивных решений скелетов радиолярий. Их прочность и выдержка большого гидростатического давления. Достижение максимальной прочности рациональным путём.

*Практика.* Разработанные универсальные конструктивные ячейки. Схема конструктивной ячейки. Применение их в различных пространственных конструкциях (полёт в космос). Графическая работа.

#### Тема 6. Спираль

*Теория.* Завитая форма – спираль как одна из форм проявления движения, роста и развития жизни. Развитие Галактики и живого организма по закону спирали. Чарльз Дарвин. Вытягивание стеблей растений по закону спирали. Раскрытие лепестков цветков у флоксов. Гриб Коллибия длинноножковая. Развёртывание побегов у папоротника. Спираль как сдерживающее начало, направленное на экономию энергии и материала. Придание дополнительной жёсткости и устойчивости в пространстве.

*Практика.* Стебли огурцов, тыквы, длинные листья роза, тонкие ножки грибов, раковины простейших одноклеточных организмов, раковины моллюсков как примеры проявления способа достижения наибольшей прочности при экономном расходовании материала. Турбоспираль. Спиралевидная основа здания турбосомы. Аэродинамичность. Схема спирального плетения паутины. Графическая работа.

#### Тема 7. Живые радары

*Теория.* Слух как способ поиска добычи, укрытие от врага, обнаружение препятствия. Дятлы. Помощь эха при поиске личинок жуков-короедов. Лемур ай-ай (руконожка). Третий палец как способ определения местоположения личинок. Ночная сова-сипуха и её слуховой аппарат. Определение места нахождения звука – ориентация. Звуковой способ ориентации у птиц «вечной ночи» - гуахаро (Южная Америка). Отражённая звуковая волна – местонахождение предметов, время между началом сигнала и возвращением эха – расстояние до добычи. Использование эхолокации стрижами-салангангами. Сумчатая летяга. Существование звуковой локации у некоторых насекомоядных животных и грызунов. Создание радаров (радиолокационных установок).

*Практика.* Установление местонахождения объекта по эхо-сигналу от удалённого предмета. Схематическое изображение звуковой волны. Творческая работа.

#### Тема 8. Тургор

*Теория.* Давление жидкости в клетках растения. Проникновение воды в клетки растения. Увеличение в вакуолях объёма клеточного сока. Давление вакуолей на цитоплазму, цитоплазмы – на клеточную оболочку. Растяжение и напряжение оболочки – растение «оживает». Напряжение оболочки – тургор. Приобретение упругости благодаря тургору. Яркий пример – растения суккуленты. Кактус. Алоэ. Агава. Очиток едкий. Шампиньоны. Обычное внутриклеточное давление. «Чудо» ломки асфальта. Активное влияние тургора на формирование в природе. Рыбы иглобрюхи – спасение от врагов. Роль тургора в формировании при отсутствии у организма арматурной ткани.

*Практика.* Помидоры. Патиссоны. Гусеницы. Медузы. Принцип тургора в архитектуре строительной техники – создание пневматически напряжённых конструкций. Несущая способность и устойчивость гибкой герметичной оболочки при любых видах нагрузок. Преимущества надувных систем: экономичность, малый вес, транспортабельность, компактность, быстрота монтажа. Фотопример надувной конструкции. Схематическое изображение клеток с тургором и без тургора. Широкое применение тургора при сооружении временных построек: выставочных и ярмарочных павильонов, спортивных залов, туристических лагерей, овощехранилищ. Цилиндрический свод и сферический купол – наиболее распространённые формы надувных построек. Разнообразие форм пневматических конструкций. Творческая работа.

#### Тема 9. Камерный глаз животных

*Теория.* Глаза камерного типа: позвоночные, головоногие моллюски, пауки. Сходство с устройством фотоаппарата. Уникальные свойства глаз. Канюк. Голубь. Использование птиц на конвейерах для обнаружения почти микроскопического брака. Изучение механизма глаза голубя. Проектирование оптического прибора (решающего фильтра) для опознавания объёмных предметов. Глаза лягушки. Жаба. Жерлянка. Леопардовая лягушка. Ассоциация с пищей (насекомыми) или врагами (тенью от быстро надвигающегося предмета). Как видит лягушка: наложение в её мозге четырёх тонких слоёв нервных клеток. Четыре стадии трансформации изображения.

Глаз лягушки – биологическая информационная система.

*Практика.* Электронная модель глаза лягушки. Зарисовка. Схема обработки информации в глазу лягушки. Создание электронных моделей по принципу глаза лягушки. Применение приборов на аэродромах для обнаружения летящих самолётов и контроля за их движением. Глаза животных, которые видят в темноте. Дно глаз – зеркальца из мелких серебристых кристаллов. Отражение от них – дважды проходящий свет через клетчатку. Кошка. Цвет глаз в темноте: крокодил, кошка. Создание прибора «кошачий глаз». Решение проблемных задач.

Тема 10. Живой свет

*Теория.* Существование в природе организмов, излучающих свет. Сухопутные – грибы и насекомые. Морские обитатели: простейшие, кишечнополостные, черви, моллюски, ракообразные, рыбы. Биolumинесценция (свечение). Жгутиконосец ночесветка. Схема – форма светового импульса ночесветки. Медуза пелагия. Веслоногий рачок. Оболочник пиросома. Вспыхивание ярким светом в ответ на механическое раздражение. Многощетинковые черви (полихеты) – светящиеся органы в период размножения. Ракушковый рачок – реакция на сигнал другой особи. Глубоководные креветки. Кальмары. Светящаяся слизь как световая завеса. Клетки, рождающие свет, у глубоководных животных. Наличие светящихся органов. Рефлекторы и линзы. Светофильтры. Разноцветные «фонари». Глубоководный кальмар. Рыбы-удильщики. Видоизменённый первый луч спинного плавника. Длинные головные придатки. Неясность биологического смысла свечения животных. Решение проблемных задач.

*Практика.* Создание приборов (батифотометров) для изучения свойств световых сигналов (импульсов) отдельных организмов и свечения моря как природного явления. Биофизические и биохимические основы свечения живых организмов. Внимание исследователей к «светильникам» живых организмов. Превращение химической энергии при окислении в свет. Исследования по созданию новых вычислительных машин. Работа над созданием искусственного «живого света» в операционных, взрывоопасных шахтах и т. д. Комплексный батифотометр. Решение проблемных задач.

Тема 11. Искусные навигаторы

*Теория.* Способность к навигации у некоторых обитателей водной стихии. Морские черепахи. Зелёные или суповые (Бразильская популяция): берега Южной Америки к острову Вознесения в Атлантическом океане. Загадка для человека. Лососёвые рыбы: из океана в реки. Нерасшифрованный механизм маршрута. Фёдор Абрамов «Жила–была». Чтение и обсуждение.

Секрет действия «механизма навигации» угрей. Личинки угрей (конец 19 века). Место нерестилища (начало 20 века) – Саргассово море.

*Практика.* Карта путей миграции угря. Зарисовка личинки угря. Миграция разных представителей животного мира. Сельдь. Тюлька. Треска. Тюлени. Морские котики. Киты. Решение проблемных задач.

Тема 12. Полёт насекомых

*Теория.* Летательный аппарат насекомых – одно из изумительных творений природы. Экономичность полёта, скорость, маневренность. Сравнение с современной авиационной техникой. Бабочки адмиралы или репейницы. Дальние экономичные полёты в Африку. Сравнение с расходом горючего самолётами: маневренность и скорость полёта.

Мухи семейства сирфид (шмелевидка прозрачная). Зависание в воздухе, снижение, вертикальная посадка. Бабочка языкан. Жук голиаф. Движения стрекоз, ос, пчёл, бабочек, бражников. Роль хитиновых утолщений у быстролетающих насекомых. Использование авиаконструкторами подобного для крыльев самолётов. Разгадка причины флаттера.

*Практика.* Водяной клоп гладыш. Плавание на спинке. Взлёт в воздух с воды после поворота. Гладыш как лодка и самолёт. Сложность полёта насекомых. Идея создания летательного аппарата по принципу полёта насекомых. Дальнейшее изучение лётных особенностей насекомых. Оригинальные устройства в авиационной конструкции. Секрет жужжальцев. Орган, определяющий отклонение от положения равновесия. Создание гиротрона, применяемого в скоростных самолётах и ракетах для обнаружения углового отклонения и обеспечения стабилизации полёта. Схема прибора. Графическая работа.

Тема 13. Биомеханические модели

*Теория.* Создание природой биологических моделей с оригинальным способом передвижения по различным поверхностям. Комнатная муха. Чёрные морские ежи. Схема передвижения на присосках морского ежа. Присоски. Гидравлическая система у паука. Паук-крестовик. Обитатели сыпучих грунтов. Принцип вибрации. Различная амплитуда и частота вибрации. Ящерица ушастая кругоголовка. Пингвины и снег. Природные «модели», отличающиеся необычайной подвижностью. Тигры, леопарды, горные козлы, кенгуру. Исследования конструктивных особенностей принципов работы оригинальных «живых движителей» и «живых моделей».

Высокая проходимость, маневренность, надёжность, экономичность.

*Практика.* Проекты вездеходных, прыгающих, ползающих и других средств передвижения. Принцип вакуумной присоски – подъёмные краны. Шагающий экскаватор. Снегоходная машина «Пингвин». Графическая работа. Тема 14. Оболочки

*Теория.* Конструкции в виде сводов различных пространственных форм: скорлупа ореха и яйца, панцири и раковины животных, гладкие листья, лепестки растений. Панцирь морского ежа. Слоновая черепаха. Свойство равномерного распределения сил по всему сечению. Геометрия формы – создание прочности. Изогнутый лепесток цветка, сводные панцири морских ежей, крабов и моллюсков. Яичная скорлупа. Функциональность всех слоёв. Совместимость материалов с различными физико-механическими свойствами. Прочность тонкой эластичной плёнки. Конструкция с предварительным напряжением. Создание лёгких, большепролетных стальных и железобетонных покрытий различной кривизны при строительстве спортивных комплексов, кинотеатров, выставочных павильонов. Основное качество покрытий – лёгкость.

*Практика.* Купола – оболочки-скорлупы. Схема оболочки в виде седла.

Примеры конструкций. Графическая работа.

Тема 15. Мозаичное видение

*Теория.* Глаза насекомых и глаза членистоногих – сложные органы. Крошечные «окошечки» фасетки. Фасетка – структурная единица глаза

(омматидия). Изолированные друг от друга простые глазки. Глаз речного рака. Глаз комнатной мухи. Глаз стрекозы. Восприятие света и создание изображения каждым омматидием. Мозаика видения. Точное реагирование сложного глаза на движущийся предмет. Схема строения сложного глаза насекомого. Создание конструкторами прибора, способного мгновенно измерять скорость самолётов, попавших в поле его зрения. Создание биониками измерителя путевой скорости самолёта относительно Земли. Фотокамера «мушиный глаз» для особо точных репродукций с оригиналов. Восприятие сложными глазами ультрафиолетовой части спектра.

*Практика.* Восприятие цвета бабочками, пчёлами, шмелями, жуками и другими насекомыми. Наземные и водные членистоногие и поляризованный свет. Фильтры омматидий. Использование принципа сложного глаза при создании прибора «небесный компас», определяющий положение солнца по поляризованному свету и служащий средством навигации. Графическая работа.

## Тема 16. Глубоководные аналоги

*Теория.* Тайны Мирового океана. Создание подводных аппаратов для изучения водной стихии. Первые глубоководные подводные лодки – батискафы. Использование принципа функционирования подводного жилища паука серебрянки. Куполообразный дом, заполненный воздухом. Решение проблемы погружения человека в воду на глубину и длительного пребывания в воде. Конструирование подводных жилищ-лабораторий. Идея конструкции пятикомнатного стального дома подводной лаборатории Кусто «Прекоинтер-2». Морская звезда. Строение одноклеточных микроскопических организмов: скелеты животных радиолярий, панцири водорослей диатомей. Гидростатическое давление.

*Практика.* Электронный микроскоп и его роль в изучении одноклеточных микроскопических организмов. Схема строения панциря диатомей. Форма и структура створок панцирей диатомей. Прочность и ажурность скелетов радиолярий. Китообразные. Сложный механизм дыхания. Творческая работа.

## Тема 17. Фотосинтез и архитектура

*Теория.* Фотосинтез в листьях растений. Образование органических веществ (сахара и углеводов) из неорганических (воды, углекислого газа, минеральных солей). Роль света для растений. Различные системы расположения листьев на стеблях растений. Подсолнух. Очередное расположение листьев. Схема очередного листорасположения. Крапива. Супротивное расположение листьев. Вороний глаз. Мутовчатое расположение листьев. Роль природных климатических условий. Расположение листьев у растений в северных и средних широтах или затенённых лесах. Мозаичное расположение листьев. Графическая работа.

*Практика.* Плющ. Прикорневые розетки у первоцветов и одуванчиков – как хороший способ освещения для растений. Примула. Розеточное расположение листьев. Принцип конусообразности роста у люпина, дигиталиса или в конструкции елей. Жаркий климат и его влияние на растения. Сокращение поверхности листовой пластинки или изменение её формы. Кактусы, алоэ, саксаулы. Ребровое расположение листа в сторону солнечного излучения. Внимание архитекторов к принципам формообразования и конструкции растений с учетом использования солнечной энергии при планировке и застройке городов различных климатических поясов. Проекты жилых домов (дом-ёлка, дом-зерно на початке). Особенности архитектуры южных городов.

## Темы 18. Сетчатые, решетчатые и ребристые конструкции

*Теория.* Сетчатые конструкции. Концентрирование основного материала по линиям главных напряжений. Рассмотрение листьев растений и прозрачных крылышек насекомых. Механическая прочность. Сетка жилок. Основная несущая роль каркаса. Примеры достижения прочности при минимальной затрате материала. Стрекоза. Шмель. Муха. Комар-дергун. Муравьиный лев европейский (Отряд сетчатокрылых). Гриб решётчатник. Раковина скалярия. Заинтересованность архитекторов принципом конструкции листьев растений. Жилки, пронизывающие плоскость листа от основания до верхушки. Растение Виктория регия (Амазонка, Ориноко). Прожилки как канаты. Скрепление их серповидными поперечными диафрагмами. Конструкция как основа для размещения между жилками тонкой полупрозрачной плёнки листа. Архитектор П. Нерви (Италия) и его конструкции. Плоское ребристое покрытие фабрики Гатти в Риме и покрытие большого зала Туринской выставки. Использование принципа построения листа Виктории регии при сооружении потолка фойе Тульского драмтеатра. Железобетонные невюры, несущие пролёт.

*Практика.* Схема строения головки тазобедренной кости. Сжатие и растяжение. Использование подобных систем в конструировании опорных рам, ферм, подъёмных кранов. Модели, в которых распределение материала производится с расчётом на самые случайные и разнонаправленные действия нагрузок. Графическая работа.



## Тема 19. Биологические ритмы

*Теория.* Биологические часы. Взаимное положение в космическом пространстве Солнца, Земли и Луны. Схема взаимного положения Солнца, Земли и Луны. Существование суточных ритмов двигательной активности всего живого. Дневные и ночные ритмы. Примеры. Приливно-отливные явления, вызываемые Луной (австралийские рифовые цапли). Временные изменения. Манящий краб. Смена окраски в зависимости от покоя и активной деятельности. Морские черви и nereиды. Новолуние как период размножения. Сезонные миграции животных. Северные олени. Моржи. Киты. Дельфины. Птицы. Поведение птиц в неволе.

*Практика.* Загадка механизма биологических часов. Генетическая регуляция. Трихограмма. Развитие хронобиологии (науки о биоритмах). Космическая биоритмология, изучающая вопросы рациональной организации жизни человека в космосе. Решение проблемных задач.

## Тема 20. В мире запахов

*Теория.* Роль обоняния для многих животных: от насекомых до млекопитающих. Запахи как язык, глаза, система информации. Обоняние – источник добычи пищи, обнаружение врага, ориентация в пути, поиск особи противоположного пола, потомства. Территория: метка оленями, медведями, барсуками, лемурами, мышами. Обмен информацией. Собака как известный «живой прибор», анализирующий запах. Использование их как следопытов. Использование собак криминалистами, геологами, охотниками, газовщиками. Обоняние у рыб: лососи и другие проходные рыбы-кочевники. Запах родного водоёма. Акулы. Поиск добычи в океанских просторах. Роль обоняния в питании и продолжении рода у насекомых. Хеморецепторы. Усики и лапки насекомых. «Химический локатор» тутового шелкопряда. Муравьи: поиски пищи, «запах смерти», форма предметов. Анализаторы запахов как миниатюрные, быстродействующие, высокочувствительные системы.

*Практика.* Исследование запахов и техническое моделирование. Работы по моделированию «искусственного носа» – анализаторов запаха в различных областях деятельности человека. Медицинская диагностика. Модель локатора запахов. Птицы: новозеландская птица киви. Решение проблемных задач.

## Тема 21. Унификация в природе

*Теория.* Богатство форм живой природы. Окружность, овал, куб, треугольник, квадрат, многоугольники. Бесконечное множество созданных природой сложных, удивительно красивых, лёгких, прочных, экономичных конструкций. Унификация – построение образцов из элементов одной и той же формы. Лепестки цветов. Семена злаков. Семенная коробочка мальвы. Головка чеснока. Ягоды малины и ежевики. Панголин. Чешуйки рыб. Чешуйки змей. Шишки. Панцири животных. Закономерность повторяемости однотипных элементов в природе. Наиболее экономичная конструкция в отношении затраты материала. Правильные шестиугольники или шестигранники: в панцирях черепах, чешуе змей, проводящих сосудах растений, в радиоляриях, диатомеях. Пчелиные соты как шестигранная конструкция.

*Практика.* Самая экономичная и самая ёмкая форма, шестигранная призма (ячейка) – единственный конструктивный элемент. Возведение секционных домов из однотипных элементов – использование принципа построения живых конструкций и унифицированных элементов. Изготовление «сотовых панелей» для строительства жилых домов. Сбор панели из одного элемента – треугольника с продлёнными сторонами. Сотовая конструкция, но без двойных стенок. «Сотовые» элеваторы. Использование принципа пчелиных построек гидростроителями при возведении плотин, шлюзов, других гидросооружений (сотовые каркасы). Творческая работа.

## Тема 22. Гидролокация в природе

*Теория.* Особый орган чувства – боковая линия у рыб, миног, водных амфибий (лягушек, прибрежных саламандр, тритонов в период икрометания). Мраморный тритон. Окунь. Калифорнийский лев. Дельфин афалина. Ориентация с помощью боковой линии в мутной воде, темноте и будучи слепыми. Чувствительная система ориентации у морских млекопитающих в воде: зубатые китообразные, калифорнийские львы, дельфины. Эхолокация у дельфинов – основной способ ориентации в различных жизненных ситуациях: при добывании пищи, преодолении препятствий, распознавании различных объектов в водной среде. Принцип работы локатора: излучение животным звуковых сигналов и улавливание их отражения, эха. Клапаны и сложная система воздухоносных полостей (мешков). Стенки черепа как рефлектор, лобный выступ (мелон) как акустическая линза, фокусирующая звуковой пучок. Роль слуховых проходов и нижней челюсти. Точность эхолокатора дельфина: местоположение, форма, величина, структура, скорость и направление движения предмета. Развитый мозг дельфинов.

*Практика.* Схема ультразвуковой «линзы» и «рефлектора» в голове дельфина. Дальнейшие исследования учёных в этом направлении. Созданные человеком высокочувствительные технические системы гидроакустического поиска и обнаружения. Творческая работа.

#### Тема 23. Конус

*Теория.* Взаимообусловленность и сближение функции и формы в живой природе. Распределение строительного материала по линиям максимальных напряжений. Роль опорных форм в природе. Конус как одна из опорных форм. Присутствие конуса в конструктивном построении крон и стволов деревьев, стеблей и соцветий, грибов, раковин. Два начала конусообразных форм в природе. Начало устойчивости. Статичный конус или конус гравитации. Оптимальная форма для восприятия ветровых нагрузок и действия сил тяжести. Ель (крона и ствол). Конус основанием вниз. Шляпка и ножка белого гриба. Сморок обыкновенный. Гриб зонтик. Начало развития как второе в природе. Выражение в форме динамического конуса или конуса роста. Гриб бокальчик. Конус основанием вверх. Гриб лисичка. Слоевница некоторых видов лишайника кладонии. Взаимодействие двух конусов как частое природное явление.

*Практика.* Различные формообразования в природе. Деревья и их кроны. Использование архитекторами принципа конуса в творческих работах. В. Шухов. Конструкция водонапорной башни русского архитектора В. Шухова. Построение водонапорной башни в Алжире как пример использования принципа конуса роста. Конус гравитации в построении Останкинской телебашни в Москве. Схема взаимодействия двух конусов разных начал. Графическая работа.

#### Тема 24. Мигранты по воздуху

*Теория.* Птицы – искусные навигаторы. Голубиная почта. «Чувство дома» – возвращение в голубятню. Вершина навигационных способностей птиц – сезонные перелёты или миграции. Большая часть птиц отправляется на зимовку. Полёт группами и в одиночку. Горихвостки, мухоловки-пеструшки, ласточки, журавли, аисты – полёты в Африку. Золотистые ржанки (отсутствие перепонки, полёты над океаном). Дальние миграции полярных чаек. Врождённое чувство навигации. Карта миграции североамериканских полярных крачек.

*Практика.* Схематическое изображение некоторых созвездий в окрестностях Полярной звезды. Полёт кукушонка из чужого гнезда. Путь молодых аистов в Африку. Солнце, звёзды, биологические часы, магнитное поле Земли – ориентация птиц – процесс комплексный. Эксперименты. Интерес исследователей к перелёту бабочек: репейниц, адмиралов, траурниц, бражников, монархов. Монархи – классический образец мигрирующих бабочек. Работа исследователей над механизмом ориентации животных. Решение проблемных задач.

#### Тема 25. Стволовая архитектура

*Теория.* Русский учёный К. А. Тимирязев об архитектурной роли ствола. Схема разреза фабричной дымовой трубы. Растение пухonos из семейства осоковых и фабричная дымовая труба. Сходство конструкций в поперечном разрезе сечения этих предметов. Растения с большой высотой при минимальной площади опоры. Аконит. Дельфиниум. Борщевик. Стебель злаков-соломина. Тростник. Рожь. Пшеница. Особенности растений: взаимное расположение в стебле прочных и мягких тканей, способность их работы на сжатие и растяжение.

*Практика.* Веретенообразная форма стебля злаков. Роль узлов – устроенные упругие шарниры-демпферы. Проектирование высотных зданий типа ствольной конструкции на основе принципов построения природных высотных конструкций. Снижение силы ветрового напора и сокращение нагрузки на основание. Решение проблемных задач.

Тема 26. Гидродинамика живых систем

*Теория.* Меч-рыба. Преодоление сопротивления воды благодаря форме тела. Хвостовой плавник серпообразной формы. Длинный меч – видоизменённая верхняя челюсть рыбы. Секреты рыбы. Морские стайеры – рыбы тунцы. Не образующая вихревых потоков форма тела, гладкая, эластичная поверхность с обильным выделением слизи. Дельфины. Схема движения в воде дельфина. Тайна скоростного плавания – специфическое строение кожи животного. Наружный покров как диафрагма. Волновое движение самого кожного покрова – «скоростные складки». Моллюски кальмары – живые ракеты. Движения, похожие на профиль самолётного крыла.

*Практика.* Изучение и раскрытие гидродинамических секретов природных механизмов исследователями морей и океанов. Новые способы и методы проектирования кораблей. Заимствование формы для современных подводных лодок, покрытие корпусов судов искусственной «дельфиньей кожей». Создание движителей водомётов. Решение проблемных задач.

Тема 27. Трансформация

*Теория.* Цветочные часы. Древняя Греция и Древний Рим. Шведский натуралист XVIII века Карл Линней. Изменение пространственной формы листьев в период изменения погодных условий папоротником, клевером, костяникой. Цикорий. Календула. Мак. Шиповник. Козлобородник. Сарана. Осот. Кислица. Одуванчик. Ястребинка волосистая. Ястребинка зонтичная. Картофель. Лён. Кувшинка белая. Смолка. Суточные биоритмы. Соцветие подсолнечника. Механическое раздражение и листья мимозы стыдливой, росянки, актинии. Изменения в «шар» ежей и броненосцев. Обратимые движения в биологии и трансформация в архитектуре. Проекты складных транспортабельных домиков. Работа в условиях с неустойчивым климатом. Автоматически регулируемые покрытия.

*Практика.* Крыша в виде цветка. Работа по созданию вариантов домиков, крыш. Схема покрытия стадиона. Нобелевская премия по физиологии и медицине за 2017 год – клеточные часы. Механизм, регулирующий циркадные ритмы организма. Джеффри Холл (1945), Майкл Росбаш и Майкл Янг (1945). Изучение мух дрозофил с мутациями. Внутренние часы живых организмов. Решение проблемных задач.

Тема 28. Конструкции с предварительным напряжением

*Теория.* Растение манжетка обыкновенная. Складчатая форма листьев. Кружевные манжеты. Ребристая форма бука. Лапчатка. Дополнительная жёсткость, прочность и устойчивость в пространстве. Сопротивляемость конструкций по форме. Свёртывание в трубочку. Спираль. Желоба. Изменение формы в пространстве. Листья Рогоза. Венерин башмачок. Применение принципа сопротивляемости конструкций по форме в строительстве.

*Практика.* Складчатая конструкция как одна из простейших среди многообразия пространственных конструкций. Зал ожидания на Курском вокзале или легкоатлетический

манеж Института физкультуры в Москве. Схема принципа сопротивляемости складчатой конструкции. Графическая работа.

Тема 29. Аэродинамические прототипы

*Теория.* Леонардо да Винчи и его роль в изучении механики полёта живых моделей с позиций бионики. Эскиз крыла летающей машины Леонардо да Винчи. Попытка строительства летательного аппарата с машущими крыльями. Анализ общих принципов функционирования живых организмов и машин учёным Н. Е. Жуковским. Птицы в полёте. Схема образования воздушных струй вокруг крыла летящей птицы. Кулик. Синица. Стриж. Альбатросы. Ласточки. Колибри. Ворона. Пустельга. Сокол-сапсан. Гусьгуменник. Галки. Бекасы. Сверхзвуковые самолёты с изменяемой стреловидностью крыла. Беспосадочные перелёты – проявление экономичности полёта птиц. Летательный механизм аиста. Безопасность и маневренность – признаки машущего полёта.

*Практика.* Изучение механики полёта птиц, создание летательных аппаратов с подвижными машущими крыльями: махолётов и орнитоптеров. Графическая работа.

Тема 30. Консервативные реликты

*Теория.* Реликтовые растения и животные – «живые ископаемые» нашей планеты. Модель глубоководной лодки с возрастом 500 миллионов лет. Четырёхжаберные головоногие моллюски наутилусы. Спиралевидная раковина наутилусов – одно из замечательных созданий природы. Перегородки на несколько камер с отверстиями. Спуск на глубину и подъём наверх. Современная глубоководная лодка батискаф. Схема современного батискафа в разрезе. Мечехвосты (Центральная и Северная Америка, юго-восток Азии) – родственники пауков и скорпионов. Трилобиты – сородичи мечехвостов. Головогрудной щит. Две пары глаз. Способность усиливать контраст изображения. Разработка электронных моделей и схем для улучшения работы телевизионных трактов, для получения снимков небесных светил, аэрофотосъемки со спутников и т. д. Ящерицы гаттерии (острова Новой Зеландии) – представители подкласса клювоголовых пресмыкающихся, произошедших от первоящеров пермского периода эозухий. Главнейшие черты своих предков: третий теменной глаз.

*Практика.* Проблемы навигации животных (миграции) – интерес исследователей. Решение проблемных задач.

Тема 31. Крылатые эхолокаторы

*Теория.* Полёты летучих мышей в темноте. Загадочная ловля насекомых. Ультразвуковые сигналы (импульсы) живых моделей и восприятие ими эха. Ультразвуковое «видение». Роль рта у летучих мышей и ноздрей у подковоноса в распространении ультразвука. «Приёмники» отражённого звука. Точность, надёжность, миниатюрность локатора летучих мышей. Чувствительность к звуковым сигналам ночных бабочек из семейства совок и златоглазок. Издание ультразвуковых импульсов бабочками для отпугивания летучих мышей.

*Практика.* Модель ультразвукового прибора-поводыря. Ультразвуковые очки-локаторы для незрячих, модели фонарей. Схема ультразвукового импульса подковоноса летучей мыши. Творческая работа.

Тема 32. Вантовые конструкции

*Теория.* Паутинные нити как сложный комплекс белков. Тягучая жидкость, твёрдая на воздухе. Прочность, лёгкость, изящество и эластичность паутины. Разнообразие плетёных сооружений. Прообраз конструкции подвесных мостов. Вантовые конструкции. Природные модели как прототипы: перепончатые лапы водоплавающих птиц, плавники рыб, крылья летучих мышей, пеликан. Творческая работа.

*Практика.* «Стальная паутина» – основной несущий элемент вантовых конструкций. Тросовые фермы. Примеры. Крыша-мембрана спортивного зала Олимпийского стадиона в Москве. Схема висячего покрытия. Работа над созданием модели моста.

Тема 33. «Мастера камуфляжа»

*Теория.* Изменение окраски некоторых животных – сложный биологический процесс. Камбала. Морские собачки. Морские коньки. Рыбы кораллового рифа. Креветки. Квакши. Пауки. Ящерицы. Головоногие моллюски: осьминоги, каракатицы. Ящерица-хамелеон.

*Практика.* Заимствование биониками данных особенностей «мастеров камуфляжа». Схема разложения через призму светового луча на лучи спектра. Творческая работа.

#### Тема 34. Электричество в живых организмах

*Теория.* Открытие электричества у животных Гальвани и Вольтой (18 век). Лягушки – первые подопытные. Квакша. Электрическая активность – неотъемлемое свойство живой материи. Генерация электричество нервных, мышечных и железистых клеток живых существ. Распределение силовых линий по аналогии распределению силовых линий в электрическом поле. Рыбы как яркие представители. Пресноводные южноамериканские электрические угри. Африканские электрические сомы. Морские электрические скаты. Рыбы со слабым электрическим разрядом. Схема распределения силовых линий электрического поля гимнарха и изменения в нем, вызванные предметом с плохой видимостью. Силовые линии. Электрические рецепторы в области головы. Электрическая локация объекта. Африканские клюворылообразные рыбы. Ночная охота рыб.

*Практика.* Подсказки человеку технических решений при разработке установок для электрического улова и отпугивания рыб. Моделирование электрических систем локации рыб. Подводная локационная техника.

Эхолокаторы. Творческая работа. Решение проблемных задач.

#### Тема 35. Живые землеройные снаряды

*Теория.* Прибор эклектор. Приспособления, с помощью которых прокладываются подземные ходы и норы. Дождевой червь. Особенности передвижения под землёй: сужение мышц, вставка тела в грунт, закрепление специальными зацепками, сокращение длины тела, уплотнение и перемещение земли. Роль щетинок, расположенных по сегментам. Использование червями приапулидами гидравлического способа для передвижения. Роль вывёртывающегося хоботка, вооружённого крючьями и шипами. «Бурение». Роющее устройство червеобразной ящерицы амфисбены. Голова как лопата. Разнообразные «конструкции» голов в зависимости от плотности земли. Крот как признанный землепроходец. «Сапёрские лопатки». Млекопитающие: африканские трубкозубы и американские броненосцы. Укрепление вырытых стенок ходов специальной слизью зарывающимися морскими ежами, морскими раками калианассаами.

*Практика.* Интерес для биоников при создании подземных роющих агрегатов. Схематическое изображение фрезы. Режущий орган угольного комбайна «Союз-19». Решение проблемных задач.

#### Тема 36. Природные термолкаторы

*Теория.* Органы животных, воспринимающие на расстоянии тепловые (инфракрасные) лучи. Глазчатые сорные куры: вывод потомства. Поддержание температуры на инкубационный период. Терморцепторы. Ночные бабочки совки. Усики-антенны. Мухи. Клопы. Комарихи. Дымные жуки (златки пожарищ). Дополнительные терморцепторы у основания средних ног как тепlopеленгаторы. Терморцепторы обитателей морских глубин. Кальмар мастиготевтис. Термоскопические глаза. Термолкаторы гремучих змей. Азиатские щитомордники и американские гремучие змеи – высокочувствительные в животном мире. «Лицевые» ямки – между ноздрями и глазами змеи. Ямка как полость с наружным отверстием, на дне которой натянута тонкая мембрана, содержащая множество терморцепторов. Реагирование на изменение температуры.

*Практика.* Обнаружение объектов на расстоянии. Схема строения «лицевой» ямки ямкоголовой змеи. Создание целого ряда устройств, весьма чувствительных к тепловому

излучению: снайперские винтовки, инфракрасные прицелы, термистеры – термочувствительные сопротивления. Дистанционный инфракрасный термометр. Инфракрасные детекторы. Дальнейшее изучение термолокаторов змей. Творческая работа.

Тема 37. Подведение итогов

*Практика.* Итоговая творческая работа. Защита проектных работ.

### Учебный (тематический) план

№ п/п	Название разделов, тем	Количество часов			Формы аттестации и контроля	Дано по плану	Дано по факту
		Всего	Теория	Практика			
1.	Нерукотворный источник всего живого на планете	1	-	1	Тест		
2.	Природа – источник знаний и идей	1	1	-	Тест		
3.	Бионика – наука будущего	1	1	-	Тест		
4.	Природные аналоги и создания рук человеческих	1	1	-	Тест		
5.	Дырчатые конструкции	2	1	1	Графическая работа. Работа над проектом		
6.	Спираль	2	1	1	Графическая работа		
7.	Живые радары	2	1	1	Творческий отчет		
8.	Тургор	2	1	1	Творческий отчет. Работа над проектом		
9.	Камерный глаз животных	2	1	1	Решение проблемных задач		

10.	Живой свет	2	1	1	Решение проблемных задач		
11.	Искусные навигаторы	2	1	1	Решение проблемных задач. Работа над проектом		
12.	Полёт насекомых	2	1	1	Творческий отчет		
13.	Биомеханические модели	2	1	1	Графическая работа		
14.	Оболочки	2	1	1	Графическая работа. Работа над проектом		
15.	Мозаичное видение	2	1	1	Графическая работа		
16.	Глубоководные аналоги	2	1	1	Творческий отчет		
17.	Фотосинтез и архитектура	2	1	1	Графическая работа		
18.	Сетчатые, решетчатые и ребристые конструкции	2	1	1	Графическая работа. Работа над проектом		
19.	Биологические ритмы	2	1	1	Решение проблемных задач		
20.	В мире запахов	2	1	1	Решение проблемных задач. Работа над проектом		
21.	Унификация в природе	2	1	1	Творческий отчет		
22.	Гидролокация в природе	2	1	1	Творческий отчет		
23.	Конус	2	1	1	Графическая работа		
24.	Мигранты по воздуху	2	1	1	Творческий отчет		
25.	Стволовая архитектура	2	1	1	Решение проблемных задач		

26.	Гидродинамика живых систем	2	1	1	Решение проблемных задач. Работа над проектом		
27.	Трансформация	2	1	1	Решение проблемных задач		
28.	Конструкции с предварительным напряжением	2	1	1	Графическая работа		
29.	Аэродинамические прототипы	2	1	1	Графическая работа		
30.	Консервативные реликты	2	1	1	Творческий отчет. Работа над проектом		
31.	Крылатые эолокаторы	2	1	1	Творческий отчет. Работа над проектом		
32.	Вантовые конструкции	2	1	1	Творческий отчет. Работа над проектом		
33.	Мастера камуфляжа	2	1	1	Творческий отчет. Работа над проектом		
34.	Электричество в живых организмах	2	1	1	Решение проблемных задач. Работа над проектом		
35.	Живые землеройные снаряды	2	1	1	Решение проблемных задач		
36.	Природные термолокаторы	2	1	1	Творческий отчет. Работа над проектом		
37.	Подведение итогов	1	-	1	Итоговая аттестация. Защита проектов		



	<b>ИТОГО</b>	<b>68</b>					
--	--------------	-----------	--	--	--	--	--

## **ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

### **Виды контроля**

В течение учебного года педагог осуществляет контроль за деятельностью обучающихся и усвоением ими знаний, умений и приобретением навыков изготовления моделей. С этой целью используются разнообразные виды контроля:

- входной контроль проводится в начале учебного года для определения уровня знаний и умений обучающихся на начало обучения по Программе;
- текущий контроль ведется на каждом занятии в форме педагогического наблюдения за правильностью выполнения практической работы;
- промежуточный контроль проводится в форме выполнения самостоятельной или творческой работы, или в форме тестирования в конце I го полугодия;
- итоговой формой отчетности является защита собственного реализованного проекта.

### **Материально-техническое обеспечение**

Для успешного проведения занятий и выполнения Программы в полном объеме необходимо предоставить каждому обучающемуся и педагогическому работнику свободный доступ к средствам информационных и коммуникационных технологий.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

#### **Список литературы, используемой при написании Программы**

1. Архитектурная бионика. Под редакцией Ю.С. Лебедева. – М. Стройиздат, 1990. – 269с.
2. Агнес Гийо, Жан-Аркади Мейе. Бионика. Когда наука имитирует природу. - Техносфера, 2013. – 278 с.
3. Бионика для дизайнеров: учебное пособие для вузов / Н. В. Жданов, А. В. Скворцов, М. А. Червонная, И. А. Черныйчук. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 232 с.

4. Бурень, В. М. Биология и нанотехнология. Материалы для современной и будущей бионики / В.М. Бурень, О.В. Бурень. – М.: Феникс, 2006. – 128 с.

5. Горбаткина И. М. Бионика – союз природы и техники // Начальное образование, 2013. № 3 (56). С. 44-45.

6. Жданов Н.В., Скворцов А.В., Червонная М.А., Чернийчук И.А. Бионика для дизайнеров. Учебное пособие для вузов /Бакалавр. Академический курс. Издательство «Юрайт», 2019. – 232 с.

## Приложение 1

### Электронные образовательные ресурсы

□ Курс-практикум: Бионика и биомоделирование в дизайне и архитектуре: [Электронный ресурс] // Профессиональные курсы и мастерклассы по дизайну. URL: <https://edu.artodocs.com/bionika.html> (Дата обращения: 14.10.2020).

□ Бионические информационные системы и их практические применения / Л.А. Зинченко, В.М. Курейчика, В.Г. Редько. М.: Физматлит, 2011. – 288 с. [Электронный ресурс] // URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/02000010912> (Дата обращения: 14.10.2020).

□ Бионика. [Электронный ресурс] // Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов. URL: [http://school-collection.edu.ru/catalog/search/?text=%E1%E8%EE%ED%E8%EA%E0&submit=%CD%E0%E9%F2%E8&interface=themcol&rubric\\_id=44756&rub\\_guid%5B%5D=24c23892-00cf-2fce-fe72-a5ccfc02b52c](http://school-collection.edu.ru/catalog/search/?text=%E1%E8%EE%ED%E8%EA%E0&submit=%CD%E0%E9%F2%E8&interface=themcol&rubric_id=44756&rub_guid%5B%5D=24c23892-00cf-2fce-fe72-a5ccfc02b52c) (Дата обращения: 14.10.2020).

□ Бионика. Видеоурок: [Электронный ресурс] // InternetUrok.ru. URL: <https://interneturok.ru/lesson/biology/11-klass/vzaimodeystvie-cheloveka-iprirody/bionika> (Дата обращения: 14.10.2020).

## Приложение 2

### Список тем для проектных работ

1. Аналогии природных форм в медицине.
2. Архитектоника растений.

3. Архитектурно-строительное искусство птиц.
4. Биодизайн.
5. Биомеханика.
6. Биоморфология.
7. Бионика – достижения и перспективы.
8. Бионика и архитектура.
9. Бионика и медицина.
10. Бионика и промышленный дизайн.
11. Бионические исследования живых барометров.
12. Бионические исследования живых гигрометров.
13. Бионические исследования живых сейсмографов.
14. Бионические исследования зрительного аппарата человека.
15. Бионические исследования органа слуха.
16. Бионические формы в создании предметной среды и интерьера.
17. Биотехнология – химическая бионика.
18. Воспроизведение конструкции пчелиных сот.
19. Живые барометры, гигрометры, сейсмографы
20. Изучение анализаторных систем биологических объектов.
21. Использование принципа работы устьиц в строительной технике.
22. Исследования конструктивных особенностей растений, раковин, панцирей и костей животных.
23. Исследования ориентации летучих мышей.
24. Моделирование органов обоняния.
25. Создание полых и дырчатых конструкций.

26. Создание складчатых конструкций.
27. Сооружения, созданные человеком путем копирования архитектурных форм растительного мира.
28. Строительная бионика.
29. Тектоника в природе и технике.
30. Эйфелева башня как яркий пример бионической архитектуры XX века.