

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Коммутационные процессы в системах электроснабжения

Код модуля
1157008

Модуль
Изоляция высоковольтного оборудования

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Шалина Елена Павловна	к.пед.н., без ученого звания	Доцент	Кафедра электротехники

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

Авторы:

- Шалина Елена Павловна, Доцент, Кафедра электротехники

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Коммутационные процессы в системах электроснабжения

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Домашняя работа	1
		Отчет по лабораторным работам	1

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Коммутационные процессы в системах электроснабжения

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-1 -Способен планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и самостоятельно представлять результаты научных исследований	3-5 - Изложить основные требования ГОСТ при расчете токов короткого замыкания П-5 - Иметь практический опыт расчета токов короткого замыкания У-5 - Обосновывать расчеты основных параметров токов короткого замыкания	Домашняя работа Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Практические/семинарские занятия Экзамен
ПК-4 -Способен выполнять расчет и проектирование высоковольтного	3-7 - Объяснить технологию моделирования и развития процессов при коммутации	Домашняя работа Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции

оборудования в соответствии с техническим заданием	П-7 - Разрабатывать модель развития процессов при коммутации У-7 - Анализировать расчеты показателей надежности при коммутации в системах электроснабжения	Отчет по лабораторным работам Практические/семинарские занятия Экзамен
ПК-5 -Способен моделировать работу высоковольтного электрооборудования, преобразователей энергии, высоковольтных электронных аппаратов и установок на базе стандартных пакетов прикладных программ	З-7 - Привести примеры методов проведения экспериментальных исследований по заданной методике П-7 - Иметь практический опыт пользования современными методиками У-7 - Анализировать методы моделирования процессов в схемах электрических систем в стационарных и переходных режимах	Домашняя работа Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам Практические/семинарские занятия Экзамен

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа</i>	2,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.3		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	2,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		

Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.3		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	2,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения

	обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Исследование контуров восстанавливающихся напряжений с двухпараметрическим ПВН на ЭВМ.

2. Исследование восстанавливающихся напряжений в цепях с Сосредоточенными параметрами с использованием ЭВМ.

3. Исследование и определение токов коротких замыканий в электрических системах с применением ЭВМ.

4. Исследование контуров восстанавливающегося напряжения с четырехпараметрическим ПВН на ЭВМ.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Изучение моделей для исследования условий работы выключателей в системе

2. Лаборатории испытаний выключателей на коммутационную способность ударными генераторами.

3. Синтетические схемы испытаний выключателей с ударными генераторами.

4. Синтетические схемы испытаний выключателей с колеба-тельными контурами.

5. Исследование влияния на ПВН шунтирующих сопротивлений и емкостей.

6. Исследование испытательной установки для коммутационных испытаний в режиме не удаленных к. з.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Расчет восстановления напряжения при коротких замыканиях в сложных системах с длинными линиями.

Примерные задания

Выбрать и проверить по отключающей способности с учетом параметров восстанавливающегося напряжения выключатели в схеме

Провести анализ заданной схемы; вычислить токи к.з. в тех точка, которые представляют наибольший интерес с точки зрения восстановления напряжения; рассмотреть два вида выключателей и выбрать наиболее подходящий.

Исходные данные:

Генераторы (4 штуки):

ТВВ-200;

Трансформаторы Т:

ТДЦ-250000/220;

Трансформатор Т1 (резервный трансформатор собственных нужд):

ТРДН-32000/220;

Линии электропередач:

6 воздушных ЛЭП 220 кВ по 100 км каждая;

(без расщепления)

Система:

$S=10000$ МВА; -сопротивления в расчетных схемах прямой и обратной последовательности.

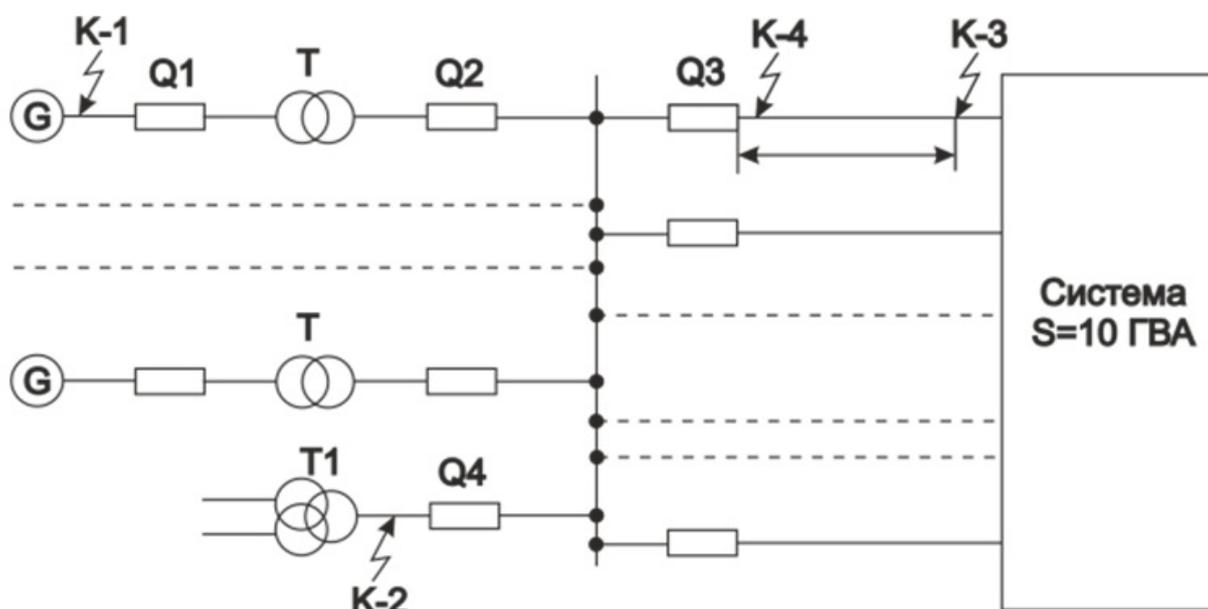


Рисунок 1

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Домашняя работа

Примерный перечень тем

1. Испытания ВВ на коммутационную способность

Примерные задания

Проработать вопрос Испытания ВВ на коммутационную способность

Разработка и проектирование высоковольтных выключателей нуждается в многочисленных экспериментах на опытных образцах, так как важнейшие узлы этих аппаратов – дугогасительные устройства – не могут быть достоверно рассчитаны. Часто возникает необходимость в учете противоречивых требований, предъявляемых к аппарату с точки зрения его пропускной и коммутационной способности, уровня изоляции, механических характеристик и т. д.

Кроме того, существует заметная тенденция ЕЭС России в снижении эквивалентного сопротивления сети (при этом эквивалентное напряжение не меняется) вследствие увеличения мощности генерирующего оборудования и увеличения числа параллельных связей (связность сети). Это ведёт к увеличению суммарных токов короткого замыкания (ТКЗ) в магистральных и системообразующих сетях, что обуславливает необходимость разработки новых типов выключателей и их дугогасительных камер. В связи с этим испытательные установки и сама методика испытаний выключателей должна совершенствоваться.

Для проверки характеристик высоковольтных выключателей проводят их многочисленные испытания, основными из которых являются исследования коммутационной способности. Эти испытания выполняются для проверки работы выключателей при включении и отключении предельных токов короткого замыкания .

Нормированные коммутационные циклы, воспроизводимые при испытаниях :

1) для выключателей, предназначенных для работы при АПВ, - коммутационные циклы - это:

- цикл 1: $O - t_{bt} - BO - 180 \text{ с} - BO$;
- цикл 2: $O - 180 \text{ с} - BO - 180 \text{ с} - BO$,

где O – операция отключения тока короткого замыкания вплоть до равного номинальному току отключения $I_{o,ном}$;

BO – операция включения на ток короткого замыкания вплоть до равного нормированному току включения $I_{в,н}$ незамедлительно (без преднамеренной выдержки времени) следующая за ней операция отключения;

t_{bt} – нормированная бестоковая пауза при АПВ, значение которой может находиться в пределах от 0,3 до 1,2 с, причем для выключателей, предназначенных для работы при быстродействующем АПВ (БАПВ), это значение принимается равным 0,3 с;

2) для выключателей, не предназначенных для работы при АПВ, - только цикл 2;

3) для генераторных выключателей допускается вместо цикла 2 нормировать цикл $BO - 30 \text{ мин} - BO$;

4) выключатели на $U_{ном} 220 \text{ кВ}$, предназначенные для работы при АПВ, кроме нормированных коммутационных циклов 1 и 2, должны также выполнять цикл $O - t_{bt} - BO - 20 \text{ с} - BO$ (цикл 1а).

В соответствии с существует 3 вида испытаний на коммутационную способность:

1) испытания на коммутационную способность при токах короткого замыкания и в условиях рассогласования фаз;

2) испытания на коммутационную способность при отключении и включении емкостных токов ненагруженных воздушных линий и батарей конденсаторов;

3) испытания на коммутационную способность при отключении и включении шунтирующего реактора.

Испытания выключателя на коммутационную способность при коротких замыканиях и в условиях рассогласования фаз – прямые или синтетические – проводят в трехфазных или однофазных испытательных цепях испытательных стендов или в электрических системах.

Для стендов, в которых используются колебательные контуры, полное сопротивление испытательной цепи определяют без учета емкостного сопротивления.

Частота тока испытательной цепи должна быть (50 ± 4) Гц.

В зависимости от конструктивных особенностей выключателя и возможностей испытательного стенда испытаниям на коммутационную способность подвергают весь выключатель, его полюс или элемент полюса, а при необходимости и части полюса (модуль, отдельные разрывы или группы разрывов дугогасительного устройства).

Токи отключения и включения при трехполюсных испытаниях определяют:

1. ток отключения:

1) среднеарифметическим действующих значений периодических составляющих токов в трех полюсах,

2) значением β (относительное содержание его апериодической составляющей в процентах) в том из полюсов, в котором оно окажется наибольшим;

2. ток включения:

1) среднеарифметическим начальных действующих значений периодических составляющих токов в трех полюсах,

2) значением пика в том из полюсов, в котором оно окажется наибольшим.

Действующее значение периодической составляющей тока отключения и начальное действующее значение периодической составляющей тока включения в любом полюсе не должны отличаться от соответствующих среднеарифметических значений этих величин для трех полюсов более чем на 10%.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.3. Отчет по лабораторным работам

Примерный перечень тем

1. Изучение моделей для исследования условий работы выключателей в системе
2. Лаборатории испытаний выключателей на коммутационную способность ударными генераторами.
3. Синтетические схемы испытаний выключателей с ударными генераторами.
4. Синтетические схемы испытаний выключателей с колебательными контурами.
5. Исследование влияния на ПВН шунтирующих сопротивлений и емкостей.
6. Исследование испытательной установки для коммутационных испытаний в режиме не удаленных к. з.

Примерные задания

Разработка и проектирование высоковольтных выключателей нуждается в многочисленных экспериментах на опытных образцах, так как важнейшие узлы этих аппаратов – дугогасительные устройства – не могут быть достоверно рассчитаны. Часто возникает необходимость в учете противоречивых требований, предъявляемых к аппарату

с точки зрения его пропускной и коммутационной способности, уровня изоляции, механических характеристик и т. д.

Кроме того, существует заметная тенденция ЕЭС России в снижении эквивалентного сопротивления сети (при этом эквивалентное напряжение не меняется) вследствие увеличения мощности генерирующего оборудования и увеличения числа параллельных связей (связность сети). Это ведёт к увеличению суммарных токов короткого замыкания (ТКЗ) в магистральных и системообразующих сетях, что обуславливает необходимость разработки новых типов выключателей и их дугогасительных камер. В связи с этим испытательные установки и сама методика испытаний выключателей должна совершенствоваться.

В отчете по лабораторной работе "Испытание выключателей на коммутационную способность ударными генераторами" должны быть описаны исследования коммутационной способности. Эти испытания выполняются для проверки работы выключателей при включении и отключении предельных токов короткого замыкания.

Нормированные коммутационные циклы, воспроизводимые при испытаниях:
для выключателей, предназначенных для работы при АПВ, - коммутационные циклы - это:

цикл 1: О – t_{бт} – ВО – 180 с – ВО;

цикл 2: О – 180 с – ВО – 180 с – ВО,

где О – операция отключения тока короткого замыкания вплоть до равного номинальному току отключения I_{о,ном};

ВО – операция включения на ток короткого замыкания вплоть до равного нормированному току включения I_{в,н} и незамедлительно (без преднамеренной выдержки времени) следующая за ней операция отключения;

t_{бт} – нормированная бестоковая пауза при АПВ, значение которой может находиться в пределах от 0,3 до 1,2 с, причем для выключателей, предназначенных для работы при быстродействующем АПВ (БАПВ), это значение принимается равным 0,3 с;

для выключателей, не предназначенных для работы при АПВ, - только цикл 2;

для генераторных выключателей допускается вместо цикла 2 нормировать цикл ВО - 30 мин - ВО;

выключатели на U_{ном} 220 кВ, предназначенные для работы при АПВ, кроме нормированных коммутационных циклов 1 и 2, должны также выполнять цикл О - t_{бт} - ВО - 20 с - ВО (цикл 1а).

Существует 3 вида испытаний на коммутационную способность:

испытания на коммутационную способность при токах короткого замыкания и в условиях рассогласования фаз;

испытания на коммутационную способность при отключении и включении емкостных токов ненагруженных воздушных линий и батарей конденсаторов;

испытания на коммутационную способность при отключении и включении шунтирующего реактора.

Испытания выключателя на коммутационную способность при коротких замыканиях и в условиях рассогласования фаз – прямые или синтетические – проводят в трехфазных или однофазных испытательных цепях испытательных стендов или в электрических системах.

Для стендов, в которых используются колебательные контуры, полное сопротивление испытательной цепи определяют без учета емкостного сопротивления.

Частота тока испытательной цепи должна быть (50 ± 4) Гц.

В зависимости от конструктивных особенностей выключателя и возможностей испытательного стенда испытаниям на коммутационную способность подвергают весь выключатель, его полюс или элемент полюса, а при необходимости и части полюса (модуль, отдельные разрывы или группы разрывов дугогасительного устройства).

Токи отключения и включения при трехполюсных испытаниях определяются:

ток отключения:

среднеарифметическим действующих значений периодических составляющих токов в трех полюсах,

значением β (относительное содержание его апериодической составляющей в процентах) в том из полюсов, в котором оно окажется наибольшим;

ток включения:

среднеарифметическим начальных действующих значений периодических составляющих токов в трех полюсах,

значением пика в том из полюсов, в котором оно окажется наибольшим.

Действующее значение периодической составляющей тока отключения и начальное действующее значение периодической составляющей тока включения в любом полюсе не должны отличаться от соответствующих среднеарифметических значений этих величин для трех полюсов более чем на 10%.

Измерение отключаемого тока как при трехполюсных, так и однополюсных испытаниях проводят по кривой тока, на которой определяют длину отрезка, параллельного оси ординат, ограниченного огибающими кривой тока и проведенного в месте, соответствующем моменту прекращения соприкосновения (размыкания) дугогасительных контактов. Числовое значение периодической составляющей отключаемого тока равно длине этого отрезка (в масштабе тока), деленной на $2\sqrt{2}$.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Применение метода встречного тока для ВН
2. Параметры для оценки ВН и требования ГОСТа к форме и параметрам ПВН
3. Определение ВН в схемах с двумя несвязанными колебательными контурами.

Методы определения

4. Влияние на ВН отраженных волн в однофазных схемах
5. Использование ударных генераторов в синтетических схемах
6. Схемы синхронизации при коммутационных испытаниях
7. Измерение токов при испытаниях выключателя. Влияние на ВН отраженных волн в одно-фазных схемах
8. Расчеты ВН в схемах с линиями электропередачи
9. Методы исправления кривой отключаемого тока

10. Определение ВН в однофазных цепях и одночастотном колебательном контуре
 11. Влияние восстанавливающихся напряжений на отключение токов к. з.
 12. Воспроизведение ПВН при испытаниях выключателей
 13. Отключение последней фазы при коротком замыкании непосредственно за выключателем.
 14. Влияние шунтирующих сопротивлений на скорость ВН при отключении первой и последней фазы.
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.