

FUTURE RACE 2026

Технический Регламент
Technical Regulations



Второй сезон | Second Season

Future Race Championship

Технический Комитет | Technical Committee

Казахстан, 2026

Contents

1	GR — Административные Регуляции	6
1.1	GR.1 — Определения и Единицы Измерения	6
1.1.1	GR.1.1 — Единицы Измерения	6
1.1.2	GR.1.2 — Глоссарий Технических Терминов	6
1.2	GR.2 — Организация Соревнований	8
1.2.1	GR.2.1 — Цель Соревнований	8
1.2.2	GR.2.2 — Классы Соревнований	8
1.2.3	GR.2.3 — График Соревнований	8
1.3	GR.3 — Допуск Участников	10
1.3.1	GR.3.1 — Требования к Командам	10
1.3.2	GR.3.2 — Требования к Участникам	10
1.3.3	GR.3.3 — Team Manager (Капитан Команды)	11
1.3.4	GR.3.4 — Team Supervisor (Руководитель Команды)	11
1.3.5	GR.3.5 — [EV ONLY] Electrical System Officer (ESO)	11
1.4	GR.4 — Регистрация и Дедлайны	13
1.4.1	GR.4.1 — Процедура Регистрации	13
1.4.2	GR.4.2 — Обязательные Документы	13
1.4.3	GR.4.3 — Vehicle Status Video (VSV)	14
1.4.4	GR.4.4 — Штрафы за Просроченную Подачу	14
1.5	GR.5 — Безопасность и Поведение	15
1.5.1	GR.5.1 — Протокол HSSE (Health, Safety, Security, Environment)	15
1.5.2	GR.5.2 — Запрещённые Вещества	15
1.5.3	GR.5.3 — Несоблюдение Правил	15
1.6	GR.6 — Протесты и Система Штрафов	16
1.6.1	GR.6.1 — Процедура Подачи Протеста	16
1.6.2	GR.6.2 — Система Штрафов	16
1.7	GR.7 — Маркировка и Идентификация	17
1.7.1	GR.7.1 — Обязательные Логотипы	17
1.7.2	GR.7.2 — Логотипы Спонсоров	17
2	T — Технические Требования: Шасси и Безопасность	18
2.1	T.1 — Определения и Материалы Рамы	18
2.1.1	T.1.1 — Цель Требования	18
2.1.2	T.1.2 — [FS] Formula Student: Требования к Материалам	18
2.1.3	T.1.3 — [FR-Rapid] Future Race: Требования к Материалам	19
2.1.4	T.1.4 — [SEM] Eco-Marathon: Свободный Выбор Материалов	19
2.2	T.2 — Общие Требования к Конструкции	20
2.2.1	T.2.1 — Колёсная База и Колея	20

2.2.2	T.2.2 — Дорожный Просвет (Ground Clearance)	20
2.2.3	T.2.3 — Количество Колёс	20
2.3	T.3 — Конструкция Главной Дуги (Main Hoop)	21
2.3.1	T.3.1 — Цель Требования	21
2.3.2	T.3.2 — [FS] Formula Student: Размеры и Нагрузки	21
2.3.3	T.3.3 — [FR-Rapid] Future Race: Упрощённые Требования	21
2.3.4	T.3.4 — [SEM] Eco-Marathon: Статическая Нагрузка	22
2.4	T.4 — Поглотитель Удара (Impact Attenuator / Crash Box)	23
2.4.1	T.4.1 — Цель Требования	23
2.4.2	T.4.2 — [FS] Formula Student: Требования к IA	23
2.4.3	T.4.3 — [FR-Rapid] Future Race: Standard IA или Custom	24
2.4.4	T.4.4 — [SEM] Eco-Marathon: Bulkhead Обязателен	24
2.5	T.5 — Защита Кокпита (Cockpit Safety)	25
2.5.1	T.5.1 — Время Эвакуации	25
2.5.2	T.5.2 — Шаблоны Кокпита (Cockpit Templates)	25
2.5.3	T.5.3 — Ремни Безопасности (Driver Restraint System)	26
2.6	T.6 — Тормозная Система (Brake System)	27
2.6.1	T.6.1 — Общие Требования	27
2.6.2	T.6.2 — [FS] / [FR-Rapid]: Гидравлические Тормоза	27
2.6.3	T.6.2 — [FR-Rapid] Future Race: Двухконтурная Система	28
2.6.4	T.6.3 — [SEM]: Любые Тормоза	28
2.6.5	T.6.4 — Brake-Over-Throttle (BOT)	29
2.7	T.7 — Силовая Установка (Powertrain)	30
2.7.1	T.7.1 — Типы Силовых Установок	30
2.7.2	T.7.2 — Топливный Бак (Fuel Tank) — Для ICE	30
2.7.3	T.7.3 — Защита Цепи/Ремня	31
2.7.4	T.7.4 — Выхлопная Система (Exhaust) — Для ICE	31
2.8	T.8 — Аэродинамические Устройства (Aerodynamics)	32
2.8.1	T.8.1 — Общие Требования	32
2.8.2	T.8.2 — [FS] / [FR-Rapid]: Крылья и Крепления	32
2.8.3	T.8.3 — [SEM]: Аэродинамика — Главный Приоритет	33
2.9	T.9 — Пневматические и Гидравлические Системы	34
2.9.1	T.9.1 — Сжатый Газ (Compressed Gas)	34
2.9.2	T.9.2 — Гидравлические Системы	34
2.10	T.10 — Крепёжные Элементы (Fasteners)	35
2.10.1	T.10.1 — Общие Требования	35
2.10.2	T.10.2 — [FS]: Класс Прочности 8.8 или Выше	35
2.10.3	T.10.3 — [FR-Rapid]: Класс 8.8 Рекомендуется	35
2.10.4	T.10.4 — Самоконтрящиеся Гайки и Стопорение	35
2.10.5	T.10.5 — [SEM]: Без Специальных Требований	36
2.11	T.11 — Низковольтная Электрика (LV Electrical)	37
2.11.1	T.11.1 — Определение Low Voltage (LV)	37
2.11.2	T.11.2 — Защита от Короткого Замыкания	37
2.11.3	T.11.3 — Проводка LV	37
2.11.4	T.11.4 — [SEM]: Минимальные Требования	37
2.12	T.12 — Идентификация Автомобиля (Vehicle Identification)	38
2.12.1	T.12.1 — Стартовый Номер	38
2.12.2	T.12.2 — Логотипы Команды и ВУЗа	38

2.12.3	T.12.3 — Наклейки Спонсоров	38
2.13	T.13 — Экипировка Пилота и Оборудование	39
2.13.1	T.13.1 — Шлем	39
2.13.2	T.13.2 — Комбинезон (Suit)	39
2.13.3	T.13.3 — Перчатки	40
2.13.4	T.13.4 — Огнетушитель	40
2.13.5	T.13.5 — Аптечка	40
	Приложения к Разделу Т	40
	Приложение Т-А: Таблица Сталей	40
	Приложение Т-В: Расчёт Труб	41
	Приложение Т-С: Тест Краш-Бокса	41
3	EV — Электрические Автомобили (Electric Vehicles)	43
3.1	EV.1 — Определения и Границы Напряжений	43
3.1.1	EV.1.1 — Границы Напряжения	43
3.1.2	EV.1.2 — Требования Безопасности по Классам	43
3.2	EV.2 — Accumulator (Батарея)	44
3.2.1	EV.2.1 — Разрешённые Типы Ячеек	44
3.2.2	EV.2.2 — Требования к Контейнеру (TSAC / Accumulator Container)	45
3.2.3	EV.2.3 — BMS (Battery Management System)	47
3.3	EV.3 — Мониторинг Изоляции (IMD)	49
3.3.1	EV.3.1 — Цель Требования	49
3.3.2	EV.3.2 — Требования по Классам	49
3.4	EV.4 — AIR (Главное Реле) и Precharge	51
3.4.1	EV.4.1 — AIR (Accumulator Isolation Relay)	51
3.4.2	EV.4.2 — Precharge Circuit (Цепь Предзаряда)	51
3.5	EV.5 — Индикаторы и Аварийные Выключатели	54
3.5.1	EV.5.1 — TSAL (Tractive System Active Light)	54
3.5.2	EV.5.2 — TSMS (Tractive System Master Switch)	55
3.5.3	EV.5.3 — Shutdown Buttons (Аварийные Кнопки E-Stop)	55
3.6	EV.6 — Проводка и Маркировка	57
3.6.1	EV.6.1 — Сечение Проводов	57
3.6.2	EV.6.2 — Оранжевая Маркировка HV-Проводов	57
4	D — Динамические Дисциплины (Dynamic Events)	59
4.1	D.1 — Общие Положения	59
4.1.1	D.1.1 — Соревновательные Дисциплины	59
4.1.2	D.1.2 — Система Зачёта	60
4.1.3	D.1.3 — Количество Попыток (Attempts)	60
4.1.4	D.1.4 — Смена Пилота	60
4.2	D.2 — Конфигурация Трассы	62
4.2.1	D.2.1 — Единая Трасса, Разные Режимы	62
4.2.2	D.2.2 — Маркировка Трассы	62
4.3	D.3 — Acceleration (Разгон 75 м)	63
4.3.1	D.3.1 — Описание	63
4.3.2	D.3.2 — Процедура	63
4.3.3	D.3.3 — Начисление Баллов	63
4.4	D.4 — Skidpad (Восьмёрка)	64

4.4.1	D.4.1 — Описание	64
4.4.2	D.4.2 — Конфигурация	64
4.4.3	D.4.3 — Начисление Баллов	64
4.5	D.5 — Autocross (Спринт)	65
4.5.1	D.5.1 — Описание	65
4.5.2	D.5.2 — Процедура	65
4.5.3	D.5.3 — Штрафы	65
4.5.4	D.5.4 — Начисление Баллов	65
4.6	D.6 — Endurance (Гонка на Выносливость)	66
4.6.1	D.6.1 — Описание	66
4.6.2	D.6.2 — Дистанция	66
4.6.3	D.6.3 — Минимальная Скорость	66
4.6.4	D.6.4 — Штрафы	67
4.6.5	D.6.5 — DNF и Частичные Баллы	67
4.6.6	D.6.6 — Начисление Баллов	67
4.7	D.7 — Efficiency (Энергоэффективность)	68
4.7.1	D.7.1 — [FS] / [FR-Rapid]: Оценка Внутри Endurance	68
4.7.2	D.7.2 — [SEM]: Efficiency Challenge (Основная Дисциплина)	68
4.8	D.8 — Сводная Таблица Дисциплин	69
5	S — Статические Дисциплины (Static Events)	70
5.1	S.1 — Общие Положения	70
5.1.1	S.1.1 — Список Статических Дисциплин	70
5.1.2	S.1.2 — Распределение Баллов Static/Dynamic	71
5.1.3	S.1.3 — Язык Презентаций и Документов	71
5.1.4	S.1.4 — Штрафы за Опоздание с Документами	72
5.2	S.2 — Engineering Design Event	73
5.2.1	S.2.1 — Цель Дисциплины	73
5.2.2	S.2.2 — Формат Презентации	73
5.2.3	S.2.3 — Требования к Design Report (Письменный Отчёт)	75
5.3	S.3 — Cost & Manufacturing Event	77
5.3.1	S.3.1 — Цель Дисциплины	77
5.3.2	S.3.2 — [FS] Formula Student: Полный Cost Report	77
5.3.3	S.3.3 — [FR-Rapid]: Simplified Cost Report	78
5.3.4	S.3.4 — [SEM]: Cost Event Отсутствует	79
5.4	S.4 — Business Plan Presentation	80
5.4.1	S.4.1 — Цель Дисциплины	80
5.4.2	S.4.2 — [FS] Formula Student: Серийное Производство	80
5.4.3	S.4.3 — [FR-Rapid]: Прокат / Автошкола	81
5.4.4	S.4.4 — [SEM]: Communication & Outreach	82
5.5	S.5 — Сводная Таблица Статических Дисциплин	83
5.6	S.6 — Судейство Static Events	84
5.6.1	S.6.1 — Квалификация Судей	84
5.6.2	S.6.2 — Формирование Судейских Панелей	84
5.7	S.7 — Специальные Награды (Special Awards)	85
5.7.1	S.7.1 — Technical Innovation Award	85
5.7.2	S.7.2 — Best Rookie Team (Лучшая Команда-Новичок)	85
5.7.3	S.7.3 — Spirit Award (Приз за Командный Дух)	85

6	IN — Technical Inspections	86
6.1	IN.1 — Общие Положения	86
6.1.1	IN.1.1 — Обязательность Инспекции	86
6.1.2	IN.1.2 — Документы для Инспекции	86
6.1.3	IN.1.3 — Работа с Автомобилем Во Время Инспекции	87
6.1.4	IN.1.4 — Повторная Инспекция (Re-Inspection)	87
6.2	IN.2 — Mechanical Inspection	88
6.2.1	IN.2.1 — Цель Проверки	88
6.2.2	IN.2.2 — Процедура Проверки	88
6.3	IN.3 — Electrical Inspection (EV ONLY)	91
6.3.1	IN.3.1 — Цель Проверки	91
6.3.2	IN.3.2 — Процедура Проверки	91
6.4	IN.4 — Tilt Test	94
6.4.1	IN.4.1 — Цель Теста	94
6.4.2	IN.4.2 — Процедура Теста	94
6.4.3	IN.4.3 — Особенности для Разных Классов	94
6.5	IN.5 — Brake Test	96
6.5.1	IN.5.1 — Цель Теста	96
6.5.2	IN.5.2 — Процедура Теста	96
6.5.3	IN.5.3 — Динамический Brake Test (Опционально)	96
6.6	IN.6 — Noise Test (CV ONLY)	97
6.6.1	IN.6.1 — Цель Теста	97
6.6.2	IN.6.2 — Процедура Теста	97
6.6.3	IN.6.3 — Особенности	97
6.7	IN.7 — Rain Test (Опционально)	98
6.7.1	IN.7.1 — Цель Теста	98
6.7.2	IN.7.2 — Процедура Теста	98
6.7.3	IN.7.3 — Особенности	98
6.8	IN.8 — Egress Test	99
6.8.1	IN.8.1 — Цель Теста	99
6.8.2	IN.8.2 — Процедура Теста	99
6.8.3	IN.8.3 — Особенности для Разных Классов	99

Chapter 1

GR — Административные Регуляции

1.1 GR.1 — Определения и Единицы Измерения

1.1.1 GR.1.1 — Единицы Измерения

Для обеспечения единообразия во всех технических расчётах и измерениях применяются следующие единицы:

- **Длина:** мм (миллиметры), м (метры)
- **Масса:** кг (килограммы), г (граммы)
- **Сила:** Н (Ньютоны), кН (Килоньютоны)
- **Энергия:** Дж (Джоули), кДж (Килоджоули)
- **Мощность:** Вт (Ватты), кВт (Киловатты)
- **Напряжение:** В (Вольты)
- **Ток:** А (Амперы)
- **Давление:** бар (bar), МПа (Мегапаскали)
- **Ускорение:** g (ускорение свободного падения, 9.81 м/с^2)
- **Скорость:** км/ч (километры в час), м/с (метры в секунду)

Важно: Все силовые нагрузки должны указываться в Ньютонах (Н), а не в килограмм-силах (кгс). Для преобразования: $1 \text{ кгс} = 9.81 \text{ Н}$.

1.1.2 GR.1.2 — Глоссарий Технических Терминов

Accumulator / Аккумулятор

Батарея, хранящая электрическую энергию для питания тягового электродвигателя.

AIP (Anti-Intrusion Plate) / Противоударная Панель

Жёсткая панель, защищающая ноги пилота при фронтальном столкновении.

BMS (Battery Management System)

Система управления батареей, контролирующая напряжение и температуру ячеек.

Bulkhead / Перегородка

Вертикальная силовая панель, разделяющая секции шасси (например, между кокпитом и моторным отсеком).

Crash Box / Краш-Бокс

См. Impact Attenuator.

ESO (Electrical System Officer)

Ответственный за электрическую безопасность высоковольтной системы.

Faculty Advisor / Куратор от ВУЗа

Преподаватель или сотрудник образовательного учреждения, отвечающий за команду.

Impact Attenuator (IA) / Поглотитель Удара

Деформируемая структура в передней части машины, снижающая перегрузку при ударе.

LVMS (Low Voltage Master Switch)

Главный выключатель низковольтной системы (обычно 12В).

Main Hoop / Главная Дуга

Дуга безопасности над головой пилота, защищающая при перевороте.

Primary Structure / Первичная Силовая Структура

Элементы шасси, воспринимающие основные нагрузки (дуги, лонжероны, монокок).

Roll Bar / Дуга Безопасности

См. Main Hoop.

SES (Structural Equivalency Spreadsheet)

Таблица расчётов, доказывающая эквивалентность нестандартных материалов требованиям регламента.

Team Manager / Капитан Команды

Студент, назначенный единственной точкой контакта команды с организаторами.

TSAC (Tractive System Accumulator Container)

Контейнер тяговой батареи (для электромобилей).

TSAL (Tractive System Active Light)

Индикатор активности высоковольтной системы (красный свет).

TSMS (Tractive System Master Switch)

Главный выключатель высоковольтной системы.

1.2 GR.2 — Организация Соревнований

1.2.1 GR.2.1 — Цель Соревнований

Соревнования Future Race Championship бросают вызов студенческим командам университетов, колледжей и школ: спроектировать, изготовить, протестировать и вывести на гонки малоразмерные гоночные автомобили или энергоэффективные транспортные средства.

Цели программы:

- Развитие инженерных навыков через реальное проектирование.
- Популяризация технологий низкоуглеродной мобильности.
- Подготовка будущих специалистов автомобильной и энергетической индустрии.
- Формирование культуры безопасности и ответственности.

1.2.2 GR.2.2 — Классы Соревнований

Соревнования проводятся в рамках единого мероприятия с отдельными зачётами по следующим классам:

[FS] Formula Student

Formula Student [FS] — класс, соответствующий международным правилам FSAE/FSG. Приоритет: инженерная сложность, надёжность, высокие динамические характеристики. Машины этого класса должны пройти строгую техническую инспекцию по стандартам Formula Student.

[FR-Rapid] Future Race

Future Race Rapid [FR] — гибридный класс с упрощёнными требованиями по материалам и бюджету. Целевая масса: около 130 кг. Приоритет: доступность, быстрое изготовление, сохранение базового уровня безопасности.

[SEM] Eco-Marathon

Eco-Marathon [SEM] — класс энергоэффективности (аналог Shell Eco-marathon). Приоритет: минимальный расход энергии на километр. Разрешены лёгкие конструкции (карбон, дерево, алюминий), упрощённая динамика.

GR.2.2.1 Команда имеет право зарегистрировать автомобиль только в **одном** классе. Участие в нескольких классах одновременно запрещено.

1.2.3 GR.2.3 — График Соревнований

GR.2.3.1 Детальное расписание мероприятия (техническая инспекция, статические и динамические дисциплины, церемония награждения) публикуется организаторами не позднее чем за **4 недели** до начала соревнований.

GR.2.3.2 Организаторы оставляют за собой право изменять график в связи с погодными условиями, техническими обстоятельствами или соображениями безопасности. Все изменения доводятся до команд через официальные каналы коммуникации.

1.3 GR.3 — Допуск Участников

1.3.1 GR.3.1 — Требования к Командам

GR.3.1.1 Команда должна быть аффилирована с образовательным учреждением:

- Университет, колледж, техникум.
- Лицей или школа с углублённым изучением технических дисциплин.

GR.3.1.2 Участие команды должно быть одобрено руководством образовательного учреждения (подпись ректора/директора на Institutional Waiver).

GR.3.1.3 Команды из разных образовательных учреждений могут объединяться. В этом случае:

- Все учреждения имеют равные права (50/50, или поровну при участии более двух учреждений).
- Одно из учреждений должно быть назначено как **Leading Institution** (Ведущее Учреждение), которое несёт юридическую ответственность за команду.
- Выбор Leading Institution производится путём внутреннего голосования участников команды. Результат голосования фиксируется письменно и подписывается представителями всех учреждений.
- В регистрационной форме указывается Leading Institution, а остальные учреждения перечисляются как партнёры.

1.3.2 GR.3.2 — Требования к Участникам

GR.3.2.1 Возраст: Минимальный возраст участника — **16 лет** на первый день соревнований.

GR.3.2.2 Участники младше 18 лет должны предоставить:

- Письменное согласие родителей/опекунов на участие (Parental Consent Form).
- Постоянное присутствие Team Supervisor или Chaperone (сопровождающего) во время всех активностей команды.

GR.3.2.3 Студенческий статус:

- Участник должен быть зачислен в образовательное учреждение на момент регистрации (студенческий билет, справка из деканата, ученический билет).
- Допускаются студенты очной, заочной, вечерней формы обучения.
- Допускаются аспиранты (PhD-студенты).
- Выпускники, окончившие учреждение менее 12 месяцев назад, могут участвовать.

GR.3.2.4 Запрет на профессионалов: Запрещено **прямое участие** лиц, работающих полный рабочий день в профессиональном автоспорте (гонщики, инженеры гоночных команд Формула-1, WRC, WTCC и т.д.). Консультации со стороны профессионалов разрешены, если они не принимают инженерные решения за команду.

GR.3.2.5 Ограничение по участию: Студент может участвовать в Future Race не более **5 полных сезонов** с момента первой регистрации.

1.3.3 GR.3.3 — Team Manager (Капитан Команды)

GR.3.3.1 Каждая команда назначает **Team Manager** — единственную точку контакта с организаторами.

GR.3.3.2 Team Manager должен:

- Быть действующим студентом/учеником команды.
- Владеть английским или русским языком на уровне, достаточном для общения с техническими комиссарами.
- Присутствовать на всех обязательных брифингах.

GR.3.3.3 Team Manager имеет право подавать протесты, запрашивать повторные проверки, получать официальные уведомления.

GR.3.3.4 Исключение: Если все участники команды младше 18 лет, роль Team Manager может исполнять Team Supervisor.

1.3.4 GR.3.4 — Team Supervisor (Руководитель Команды)

GR.3.4.1 Каждая команда обязана назначить **Team Supervisor** — взрослого представителя образовательного учреждения (преподаватель, инженер лаборатории, научный сотрудник, классный руководитель).

GR.3.4.2 Team Supervisor несёт юридическую ответственность за:

- Безопасность студентов во время подготовки и участия в соревнованиях.
- Соблюдение командой правил соревнований.
- Финансовую отчётность (если применимо).

GR.3.4.3 Team Supervisor не имеет права принимать инженерные решения за студентов, но может консультировать команду по вопросам безопасности и методологии.

1.3.5 GR.3.5 — [EV ONLY] Electrical System Officer (ESO)

Для команд, участвующих в классах с электрическим приводом, обязательно назначение ESO.

[FS] Formula Student

[FS] Требования к ESO:

- Должен иметь сертификат обучения работе с высоким напряжением (аналог DGUV 209-093 стадия 2E/3E) или эквивалент.
- Сертификат должен быть выдан внешней организацией (не самим университетом).
- Обязан присутствовать при всех работах с TS (Tractive System >60V).

[FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid] Требования к ESO:**

- Прохождение онлайн-курса по электробезопасности (ссылка предоставляется организаторами).
- Сдача устного теста на техинспекции: демонстрация навыков безопасной работы с высоким напряжением (использование диэлектрических перчаток, процедура обесточивания, знание расположения LVMS/TSMS).

[SEM] Eco-Marathon

[SEM] ESO не требуется. Ответственность за батарею несёт Team Supervisor. Напряжение обычно 60В (LV-система), что снижает требования к квалификации.

GR.3.5.1 ESO не может быть единственным пилотом команды (если ESO один, второй человек должен уметь водить).

1.4 GR.4 — Регистрация и Дедлайны

1.4.1 GR.4.1 — Процедура Регистрации

Регистрация состоит из двух фаз:

Фаза 1: Техническая Фаза (Technical Phase)

- Команда подаёт заявку через онлайн-платформу Future Race.
- Загружает фото/видео машины, чертежи, описание концепции.
- Организаторы отбирают команды на основе качества проекта и готовности к участию.

Фаза 2: Логистическая Фаза (Logistics Phase)

- Одобрённые команды загружают юридические документы (Institutional Waiver, Parental Consent).
- Подтверждают своё участие, заполняя финальную регистрационную форму.
- Бронируют место в паддоке (если применимо).

GR.4.1.1 Команда считается официально зарегистрированной только после завершения обеих фаз.

1.4.2 GR.4.2 — Обязательные Документы

До начала соревнований команда обязана предоставить:

1. **Institutional Waiver** — подписан ректором/директором (юридическая ответственность учреждения).
2. **Parental Consent Forms** — для всех участников младше 18 лет.
3. **Vehicle Status Video (VSV)** — видео движения машины под собственной тягой (требования см. GR.4.3).
4. **[FS ONLY] SES Approval (SESA)** — если используется монокок или нестандартные материалы.
5. **[EV ONLY] Electrical System Form (ESF)** — схема электрики с описанием защит.
6. **[FS ONLY] Cost Report** — детализированная смета (для Cost Event).

1.4.3 GR.4.3 — Vehicle Status Video (VSV)

GR.4.3.1 Все команды обязаны загрузить видео готовой машины за **14 дней** до начала мероприятия.

GR.4.3.2 Видео должно показывать (непрерывная съёмка):

1. Машина стоит. Обход 360° (крупный план).
2. Запуск двигателя/активация TS (для EV — видна TSAL).
3. Прямолинейное движение минимум 30 м, скорость 10 км/ч.
4. Полная остановка (для ручного управления).
5. Поворот 180° (разворот).
6. Возвращение к старту.
7. Остановка двигателя/деактивация TS.

GR.4.3.3 Требования к качеству видео:

- Формат: landscape (горизонтальная ориентация), разрешение минимум 1080p.
- Машина чётко видна (хорошее освещение).
- Движение только под собственной тягой (толкание запрещено).
- Длительность: не более 60 секунд.

GR.4.3.4 Команды, не предоставившие VSV или предоставившие видео с машиной прошлого года, будут deregистрованы.

1.4.4 GR.4.4 — Штрафы за Просроченную Подачу

GR.4.4.1 За каждый документ, поданный позже дедлайна: **10 штрафных баллов**.

GR.4.4.2 Документы, не поданные в течение **24 часов после дедлайна**, ведут к deregистрации команды.

GR.4.4.3 Deregистрованная команда может подать заявку на попадание в лист ожидания (waiting list), но получит **20 штрафных баллов** при восстановлении.

1.5 GR.5 — Безопасность и Поведение

1.5.1 GR.5.1 — Протокол HSSE (Health, Safety, Security, Environment)

Безопасность участников — высший приоритет. Все участники обязаны соблюдать **три золотых правила HSSE**:

1. **YOU & I** — Соблюдай законы, стандарты и процедуры.
2. **Intervene** — Вмешивайся в небезопасные ситуации и нарушения.
3. **Respect** — Уважай окружающих и территорию.

GR.5.1.1 Команда Safety Team (в жёлтых жилетах) имеет право остановить любую работу, если она представляет опасность.

GR.5.1.2 Участники обязаны носить:

- Закрытую обувь (запрещены сандалии, шлёпанцы).
- Защитные очки при работе с электроинструментом.
- Перчатки при работе с острыми деталями, топливом, батареями.

1.5.2 GR.5.2 — Запрещённые Вещества

GR.5.2.1 Запрещено нахождение на территории соревнований в состоянии алкогольного/наркотического опьянения.

GR.5.2.2 Содержание алкоголя в крови: **0.0‰** (ноль промилле).

GR.5.2.3 Употребление запрещённых веществ ведёт к:

- Немедленному отстранению водителя от заездов (может быть заменён резервным).
- Дисквалификации всей команды при повторном нарушении.

GR.5.2.4 Лекарства по рецепту разрешены, но если они влияют на внимание/координацию, участник обязан сообщить об этом организаторам.

1.5.3 GR.5.3 — Несоблюдение Правил

Любые действия, создающие угрозу безопасности или нарушающие дух соревнований, наказываются согласно GR.6.2 (система штрафов).

Примеры серьёзных нарушений:

- Езда в паддоке своим ходом (не толканием).
- Работа с высоким напряжением без ESO.
- Игнорирование команд маршалов на трассе.
- Сварка/резка без согласования с Safety Team.

1.6 GR.6 — Протесты и Система Штрафов

1.6.1 GR.6.1 — Процедура Подачи Протеста

GR.6.1.1 Только Team Manager имеет право подавать протесты.

GR.6.1.2 Протест должен быть подан в письменной форме (через Results Desk) в следующие сроки:

- На технические нарушения другой команды: до закрытия паддока в текущий день.
- На поведение водителя: в течение 30 минут после инцидента.
- На результаты заезда: в течение 1 часа после публикации результата.

GR.6.1.3 Для рассмотрения протеста команда вносит залог **25 баллов**. Если протест отклонён, залог сгорает.

GR.6.1.4 Решение технического директора (Technical Director) по протесту окончательно и обжалованию не подлежит.

1.6.2 GR.6.2 — Система Штрафов

Применяется единая градация наказаний для всех классов:

1. 1-е нарушение (не критическое):

- Официальное предупреждение (Warning).
- Вычитание **10 штрафных баллов** из общего зачёта команды.

2. 2-е нарушение (повторное):

- Аннулирование лучшего результата текущего дня (DNA — Did Not Achieve).
- Вычитание **20 штрафных баллов**.

3. 3-е нарушение:

- Дисквалификация команды (DQ) с этапа соревнований.

GR.6.2.1 Немедленная дисквалификация (Immediate DQ) без предупреждений применяется за:

- Грубое нарушение безопасности (езда без шлема, работа под высоким напряжением без ESO).
- Алкоголь/наркотики (см. GR.5.2).
- Изменение конструкции машины после техинспекции без уведомления судей.
- Мошенничество (подмена данных телеметрии, использование внешней тяги на трассе).
- Агрессивное поведение, оскорбления судей или других команд.

GR.6.2.2 Штрафные баллы вычитаются из общего зачёта команды и влияют на итоговое место в турнирной таблице.

1.7 GR.7 — Маркировка и Идентификация

1.7.1 GR.7.1 — Обязательные Логотипы

GR.7.1.1 Все машины обязаны нести:

1. **Логотип Future Race Championship** (предоставляется организаторами):
 - Размер: 200 мм × 100 мм (или квадрат 150 × 150 мм).
 - Расположение: На носовом обтекателе, верхняя часть.
 - Отступ от краёв: минимум 50 мм со всех сторон.
 - Логотип должен быть параллелен земле (не наклонён).
2. **Стартовые номера** (форма и размер зависят от класса):
 - / : Белый круг или квадрат, чёрные цифры высотой минимум 150 мм. Спереди и с двух боков.
 - : Цифры высотой минимум 100 мм (машины меньше по размеру).
3. **Наклейки техинспекции** (выдаются после прохождения):
 - "PASSED" (зелёная наклейка).
 - "BRAKE TEST OK" (жёлтая наклейка).
 - [EV ONLY] "HV SAFE" (красная наклейка).

Наклейки размещаются в зоне 100×100 мм рядом с логотипом Future Race.

GR.7.1.2 Запрещено модифицировать, обрезать или закрывать обязательные логотипы и наклейки.

1.7.2 GR.7.2 — Логотипы Спонсоров

GR.7.2.1 Команды могут размещать логотипы своих спонсоров при условии:

- Логотип спонсора меньше логотипа Future Race.
- Максимальная площадь одного спонсорского стикера: 400 см² (с учётом пустого пространства вокруг).

GR.7.2.2 Запрещены логотипы следующих категорий:

- Табачные компании.
- Производители алкогольных напитков.
- Наркотические вещества (включая каннабис, даже если легален в стране).
- Порнография, оскорбительные/дискриминационные изображения.

GR.7.2.3 Логотипы конкурирующих энергетических компаний (например, конкурентов титульного спонсора) требуют предварительного письменного разрешения организаторов.

GR.7.2.4 Машины, нарушающие требования GR.7, не будут допущены к соревнованиям до устранения нарушения.

Конец Раздела GR — Административные Регуляции

Chapter 2

Т — Технические Требования: Шасси и Безопасность

2.1 Т.1 — Определения и Материалы Рамы

2.1.1 Т.1.1 — Цель Требования

Материалы рамы должны обеспечивать структурную целостность автомобиля при фронтальных, боковых ударах и опрокидывании. Выбор материалов критичен для безопасности пилота.

2.1.2 Т.1.2 — [FS] Formula Student: Требования к Материалам

[FS] Formula Student

Т.1.2.1 Разрешены только стали с содержанием углерода **менее 0.3%** (обычно 4130, 25CrMo4, или аналоги).

Т.1.2.2 Команда обязана предоставить **заводской сертификат** на сталь, подтверждающий химический состав и механические свойства.

Т.1.2.3 Использование алюминия или композитных материалов (карбон) для первичной силовой структуры требует:

- Подтверждения эквивалентности прочности через **SES (Structural Equivalency Spreadsheet)**.
- Физических тестов на изгиб и кручение (если требуется техническим директором).
- Одобрения SES внешним инженером (SESA — SES Approval).

2.1.3 Т.1.3 — [FR-Rapid] Future Race: Требования к Материалам

[FR-Rapid] Future Race

Т.1.3.1 Базовый материал рамы: **Конструкционная сталь Ст20** (ГОСТ 1050-2013) или эквиваленты (AISI 1020, E235).

Т.1.3.2 Допускается использование бесшовной или электросварной трубы при наличии заводского сертификата.

Т.1.3.3 Минимальный предел текучести: **245 МПа** ($\sigma_{0.2}$).

Т.1.3.4 Использование материалов из списка предварительно одобренных сталей (см. [Приложение Т-А](#)) не требует дополнительных испытаний на разрыв.

Т.1.3.5 Алюминий и композиты разрешены для второстепенных элементов (обтекатели, сиденье), но запрещены для первичной силовой структуры (дуги безопасности, лонжероны).

2.1.4 Т.1.4 — [SEM] Eco-Marathon: Свободный Выбор Материалов

[SEM] Eco-Marathon

Т.1.4.1 Материалы шасси не ограничены. Разрешены:

- Углепластик (карбон)
- Алюминий (профили, листы)
- Дерево (фанера, бальза)
- Сталь любых марок

Т.1.4.2 Главное требование: Шасси не должно иметь видимых деформаций под весом пилота и при статических нагрузках (проверка техинспекции).

Т.1.4.3 Сертификация материалов не требуется.

2.2 Т.2 — Общие Требования к Конструкции

2.2.1 Т.2.1 — Колёсная База и Колея

Т.2.1.1 [FS] / [FR]:

- Минимальная колёсная база: **1525** мм (расстояние между осями передних и задних колёс).
- Минимальная колея: **750** мм (расстояние между центрами контактных пятен колёс одной оси, меньшее из передней/задней).

Т.2.1.2 [SEM]:

- Колёсная база и колея не ограничены.
- Минимальный диаметр разворота: **8** м (внешний радиус).

2.2.2 Т.2.2 — Дорожный Просвет (Ground Clearance)

Т.2.2.1 [FS] / [FR]: Минимальный клиренс под любой точкой шасси (кроме колёс): **30** мм при полной загрузке (пилот в кокпите).

Т.2.2.2 [SEM]: Клиренс не ограничен. Низко расположенные элементы (днище капсулы) должны быть защищены от истирания.

2.2.3 Т.2.3 — Количество Колёс

Т.2.3.1 [FS] / [FR]: Разрешены трёхколёсные (3 wheels) или четырёхколёсные (4 wheels) автомобили. Все колёса должны постоянно касаться земли.

Т.2.3.2 [SEM]: Только четырёхколёсные автомобили. Трёхколёсные схемы запрещены для класса Urban Concept.

2.3 Т.3 — Конструкция Главной Дуги (Main Hoop)

2.3.1 Т.3.1 — Цель Требования

Главная дуга (Main Hoop / Roll Bar) — критический элемент безопасности, защищающий голову пилота при опрокидывании автомобиля. Дуга должна выдерживать многократную массу автомобиля без разрушения.

2.3.2 Т.3.2 — [FS] Formula Student: Размеры и Нагрузки

[FS] Formula Student

Т.3.2.1 Труба главной дуги должна быть **непрерывной** (без сварных швов в зоне дуги), без вырезов или отверстий.

Т.3.2.2 Минимальный размер трубы:

- **Дюймовый стандарт:** $\varnothing 25.4 \text{ мм} \times 2.4 \text{ мм}$ (толщина стенки).
- **Метрический аналог:** $\varnothing 30 \text{ мм} \times 2.0 \text{ мм}$.

Т.3.2.3 Расчётные нагрузки (для проверки через SES или физический тест):

- Боковая нагрузка $F_x = 6 \text{ кН}$
- Продольная нагрузка $F_y = 5 \text{ кН}$
- Вертикальная нагрузка $F_z = 9 \text{ кН}$

Т.3.2.4 Геометрия: Дуга должна возвышаться над шлемом пилота минимум на **50 мм** во всех направлениях (спереди, сзади, по бокам).

2.3.3 Т.3.3 — [FR-Rapid] Future Race: Упрощённые Требования

[FR-Rapid] Future Race

Т.3.3.1 Труба главной дуги должна быть непрерывной.

Т.3.3.2 Разрешённые размеры труб (один из вариантов):

- **Вариант А:** $\varnothing 30 \text{ мм} \times 1.5 \text{ мм}$ (Ст20)
- **Вариант В:** $\varnothing 26.8 \text{ мм} \times 2.8 \text{ мм}$ (ВГП усиленная)

Т.3.3.3 Использование трубы $\varnothing 30 \times 1.5 \text{ мм}$ (Ст20) разрешено для автомобилей массой **менее 220 кг** без дополнительных расчётов, так как её геометрическая жёсткость ($I > 13\,000 \text{ мм}^4$) компенсирует характеристики материала.

Для автомобилей **тяжелее 220 кг** требуется использование трубы $\varnothing 26.8 \times 2.8 \text{ мм}$ или расчёт эквивалентности (см. [Приложение Т-В](#)).

Т.3.3.4 Геометрия: Дуга должна возвышаться над шлемом пилота минимум на **50 мм**.

2.3.4 Т.3.4 — [SEM] Eco-Marathon: Статическая Нагрузка

[SEM] Eco-Marathon

Т.3.4.1 Обязательна дуга безопасности (Roll Bar), выдерживающая статическую нагрузку **700 Н** (около 70 кг) во всех направлениях без остаточной деформации.

Т.3.4.2 Дуга должна быть шире плеч пилота и выше шлема на **50 мм**.

Т.3.4.3 Материал и размер трубы не ограничены (может быть алюминий, карбон).

Т.3.4.4 Проверка: Технический комиссар прикладывает статическую нагрузку (груз 70 кг подвешивается на дугу). Деформация не должна превышать 5 мм.

2.4 Т.4 — Поглотитель Удара (Impact Attenuator / Crash Box)

2.4.1 Т.4.1 — Цель Требования

Поглотитель удара (IA) снижает перегрузку, действующую на пилота при фронтальном столкновении. Деформируясь, он поглощает кинетическую энергию, не передавая её на раму и тело пилота.

2.4.2 Т.4.2 — [FS] Formula Student: Требования к IA

[FS] Formula Student

Т.4.2.1 IA обязателен.

Т.4.2.2 Энергопоглощение: Минимум **7350 Дж** (эквивалент удара массы 300 кг на скорости 7 м/с).

Т.4.2.3 Перегрузки:

- Средняя перегрузка: $\leq 20g$
- Пиковая перегрузка: $\leq 40g$

Т.4.2.4 Требуется физический динамический тест (удар санками) или сложная FEA-симуляция с подтверждением (LS-DYNA, Abaqus Explicit).

Т.4.2.5 IA должен быть съёмным (крепление болтами, не сваркой) для замены после теста/удара.

2.4.3 Т.4.3 — [FR-Rapid] Future Race: Standard IA или Custom

[FR-Rapid] Future Race

Т.4.3.1 IA обязателен.

Т.4.3.2 Энергопоглощение: Минимум **5400 Дж** (расчёт на массу 220 кг @ 7 м/с).

Т.4.3.3 Средняя перегрузка: $\leq 20g$.

Т.4.3.4 Соответствие требованиям подтверждается одним из двух способов:

Путь А — Standard Impact Attenuator ("Рецепт"):

- Использование одобренного материала:
 - Пена IMPAXX 700 (плотность 150 кг/м³), ИЛИ
 - Алюминиевые соты HexCel (плотность 28 кг/м³)
- Минимальные размеры: **200 мм (длина) × 100 мм (высота) × 100 мм (ширина)**.
- Крепление: Болтовое (минимум 4 болта М8, класс прочности 8.8).
- При использовании Standard IA физический тест **не требуется**.

Путь В — Custom Impact Attenuator (Своя конструкция):

- Команда разрабатывает собственный IA (например, из карбоновой трубы, складывающейся структуры).
- Требуется **квази-статический тест сжатия** (пресс):
 - Команда предоставляет график "Сила — Перемещение".
 - Площадь под кривой (интеграл) должна быть ≥ 5400 Дж.
 - Динамический краш-тест (удар санками) не требуется.
- Процедура теста описана в [Приложении Т-С](#).

2.4.4 Т.4.4 — [SEM] Eco-Marathon: Bulkhead Обязателен

[SEM] Eco-Marathon

Т.4.4.1 Краш-бокс (деформируемый IA) не требуется.

Т.4.4.2 Обязательна **жёсткая передняя перегородка (Bulkhead)**, защищающая ноги пилота при малых столкновениях.

Т.4.4.3 Bulkhead должна быть изготовлена из:

- Фанеры толщиной минимум 6 мм, ИЛИ
- Алюминиевого листа толщиной минимум 2 мм, ИЛИ
- Карбона (3 слоя ткани + эпоксидная смола)

Т.4.4.4 Кузов должен закрывать передние колёса (обтекатели обязательны).

2.5 Т.5 — Защита Кокпита (Cockpit Safety)

2.5.1 Т.5.1 — Время Эвакуации

Т.5.1.1 [FS] / [FR]: Пилот должен покинуть автомобиль из полностью пристёгнутого положения (ремни застёгнуты, руль на месте) за **максимум 5 секунд**.

Т.5.1.2 [SEM]: Время эвакуации: **максимум 10 секунд**.

Т.5.1.3 Кокпит должен быть открытым (без крыши) для [FS]/[FR]. Ветровое стекло (дефлектор) допускается, но не должно мешать выходу.

Т.5.1.4 [SEM]: Кокпит может быть закрытым (капсула). Обязателен жёсткий механизм открывания двери/колпака изнутри и снаружи.

2.5.2 Т.5.2 — Шаблоны Кокпита (Cockpit Templates)

Т.5.2.1 — [FS] / [FR-Rapid]: Шаблон "Перси" (95-й Перцентиль)

[FS] Formula Student

Т.5.2.1.1 Кокпит должен вмещать **шаблон 95-го перцентиля мужчины** ("Перси"):

- Рост: 1880 мм
- Ширина плеч: 520 мм
- Длина ног (от ягодиц до пяток): 990 мм

Т.5.2.1.2 Минимальная ширина кокпита (на уровне локтей пилота): **330 мм**.

Т.5.2.1.3 Высота от подушки сиденья до нижней точки главной дуги: минимум **660 мм**.

Т.5.2.1.4 Зазор над шлемом (при нормальном положении сидя, ремни застёгнуты): минимум **50 мм** до главной дуги во всех направлениях.

Т.5.2.1.5 Проверка шаблонами проводится во время техинспекции. Команда обязана предоставить физический шаблон или САД-модель для виртуальной проверки.

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid]: Требования идентичны [FS]. Шаблон "Перси" обязателен для обеспечения безопасности при переворотах.

Т.5.2.2 — [SEM] Eco-Marathon: Упрощённые Требования

[SEM] Eco-Marathon

Т.5.2.2.1 Шаблон "Перси" не применяется.

Т.5.2.2.2 Требования к кокпиту:

- Пилот должен фактически помещаться внутри (проверка с реальным водителем).
- Обзор: минимум **180°** (видимость вперёд и по бокам).
- Возможность покинуть кокпит за 10 секунд (см. Т.5.1.2).

Т.5.2.2.3 Закрытые капсулы разрешены. Дверь/колпак должны открываться как изнутри (пилот), так и снаружи (маршал).

2.5.3 Т.5.3 — Ремни Безопасности (Driver Restraint System)

Т.5.3.1 [FS] / [FR]: Обязательны 5-точечные или 6-точечные ремни (3" плечевые лямки, 2" или 3" поясные, 2" паховая лямка).

Т.5.3.2 Ремни должны соответствовать стандартам:

- FIA 8853/98 или новее
- SFI 16.1 или 16.5
- Срок годности: не более 5 лет с даты производства (или 2 лет после первого использования)

Т.5.3.3 Крепление ремней:

- Плечевые лямки крепятся к главной дуге или усиленной перегородке за сиденьем.
- Поясные и паховые лямки крепятся к раме болтами M10 (минимум класс 8.8).

Т.5.3.4 [SEM]: Минимум 4-точечные ремни (2 плечевые + 2 поясные). Стандарты FIA/SFI не обязательны, но рекомендуются.

2.6 Т.6 — Тормозная Система (Brake System)

2.6.1 Т.6.1 — Общие Требования

Т.6.1.1 Автомобиль должен иметь тормозную систему, способную заблокировать все колёса на сухом асфальте.

Т.6.1.2 Тормозная система должна работать на всех колёсах одновременно (или минимум на трёх колёсах для трёхколёсных автомобилей).

2.6.2 Т.6.2 — [FS] / [FR-Rapid]: Гидравлические Тормоза

[FS] Formula Student

[FS] Требования:

- Два независимых гидравлических контура (Dual Circuit).
- Если один контур откажет, второй должен заблокировать минимум два колеса (на разных осях).
- Педаль тормоза должна иметь ощутимое сопротивление (не проваливаться в пол).
- Проверка на техкоме: Пилот нажимает педаль до упора, судья пытается толкнуть машину — колёса не должны вращаться.

2.6.3 Т.6.2 — [FR-Rapid] Future Race: Двухконтурная Система

[FR-Rapid] Future Race

Т.6.2.1 Обязательна двухконтурная гидравлическая система.

Т.6.2.2 Допустимые конфигурации:

- **Front/Rear Split:** Один контур на переднюю ось, второй на заднюю.
- **Diagonal Split:** Один контур на переднее левое + заднее правое, второй на переднее правое + заднее левое.

Т.6.2.3 Требования к компонентам:

- Два независимых главных тормозных цилиндра (Master Cylinder).
- Два независимых контура трубопроводов (разрыв одного не влияет на второй).
- Минимальный диаметр тормозных дисков: **180 мм** (передние), **160 мм** (задние).

Т.6.2.4 Обоснование: Одноконтурная система — это Single Point of Failure. При разрыве шланга или утечке в одном цилиндре машина полностью теряет торможение. Двухконтурная система сохраняет минимум 50% тормозного усилия при отказе одного контура.

Т.6.2.5 Проверка на техинспекции:

- Команда демонстрирует схему тормозной системы.
- Инспектор визуально проверяет наличие двух контуров (два Master Cylinder или один тандемный).
- Brake Test: При имитации разрыва одного контура (перезжатие шланга) второй контур должен обеспечивать остановку машины.

2.6.4 Т.6.3 — [SEM]: Любые Тормоза

[SEM] Eco-Marathon

[SEM] Требования:

- Тормозная система обязательна (гидравлическая, механическая или регенеративная).
- Для электромобилей разрешено использование только регенеративного торможения, если оно может полностью остановить автомобиль с замедлением минимум 3 м/с^2 .
- Проверка на техкоме: Автомобиль должен остановиться с расстояния 10 м при скорости 20 км/ч.

2.6.5 T.6.4 — Brake-Over-Throttle (BOT)

T.6.4.1 [FS] / [FR-Rapid]: Если автомобиль имеет электронную педаль газа (Drive-by-Wire), обязательна функция **Brake-Over-Throttle**:

- При одновременном нажатии педалей тормоза и газа тормоз должен иметь приоритет (двигатель/мотор отключается).

T.6.4.2 Для механических педалей (тросовый газ) BOT не требуется.

2.7 Т.7 — Силовая Установка (Powertrain)

2.7.1 Т.7.1 — Типы Силовых Установок

Т.7.1.1 Разрешённые типы двигателей:

[FS] Formula Student

[FS]:

- ICE (Internal Combustion Engine) — двигатели внутреннего сгорания (бензиновые, дизельные, этанол).
- EV (Electric Vehicle) — электрические тяговые двигатели (см. раздел EV).

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid]:

- ICE (мотоциклетные двигатели объёмом до 600 см³).
- EV (электрические моторы мощностью до 15 кВт непрерывной).

[SEM] Eco-Marathon

[SEM]:

- ICE (любые малолитражные двигатели, включая садовую технику).
- EV (любые электрические моторы).
- Hybrid (гибридные системы ДВС + электромотор).

2.7.2 Т.7.2 — Топливный Бак (Fuel Tank) — Для ICE

Т.7.2.1 [FS] / [FR-Rapid]: Топливный бак должен быть:

- Герметичным (не должен протекать при наклоне автомобиля на 60°).
- Изготовлен из негорючего материала (металл, композит) или заводской пластиковый бак мотоцикла.
- Расположен за пилотом (не под ногами).
- Иметь вентиляцию (обратный клапан для выравнивания давления).

Т.7.2.2 Максимальный объём топлива:

FS : Не ограничен (но обычно 5-8 литров для Endurance 22 км).

FR-Rapid : Рекомендуется 3-5 литров (достаточно для Endurance 11 км).

2.7.3 Т.7.3 — Защита Цепи/Ремня

Т.7.3.1 [FS] / [FR-Rapid]: Если используется цепная или ременная передача, она должна быть закрыта защитным кожухом:

- Материал: Пластик, алюминий или карбон толщиной минимум 2 мм.
- Защита должна предотвращать попадание пальцев/одежды пилота в цепь.
- Защита должна предотвращать вылет цепи при обрыве.

2.7.4 Т.7.4 — Выхлопная Система (Exhaust) — Для ICE

Т.7.4.1 [FS] / [FR-Rapid]: Выхлопная система должна:

- Иметь глушитель (уровень шума не более 110 дБ на расстоянии 0.5 м от выхлопной трубы при оборотах двигателя, соответствующих максимальной мощности).
- Быть направлена от пилота (не в кокпит).
- Не иметь острых краёв (срез трубы должен быть закруглён или закрыт сеткой).

Т.7.4.2 Выхлопная труба не должна выступать за габариты автомобиля более чем на 100 мм.

2.8 Т.8 — Аэродинамические Устройства (Aerodynamics)

2.8.1 Т.8.1 — Общие Требования

Т.8.1.1 Аэродинамические устройства (крылья, днище, диффузоры) разрешены для всех классов.

Т.8.1.2 Все аэродинамические элементы должны быть жёстко закреплены к раме или кузову (подвижные элементы запрещены, кроме активной аэродинамики с одобрения технического директора).

2.8.2 Т.8.2 — [FS] / [FR-Rapid]: Крылья и Крепления

[FS] Formula Student

[FS] Требования:

- Максимальная ширина крыла: не более габаритной ширины автомобиля (измеряется по внешнему краю колёс).
- Крылья должны выдерживать нагрузку минимум 200 Н (вертикально вниз) без разрушения.
- Крепление: Болты минимум М6, класс прочности 8.8.

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid]:

- Максимальная ширина крыла: габаритная ширина автомобиля.
- Крепление: Болты минимум М6 (класс прочности не регламентируется, но рекомендуется 8.8).
- Проверка на техкоме: Судья давит на крыло рукой (примерно 50 Н) — не должно прогибаться более 5 мм.

2.8.3 Т.8.3 — [SEM]: Аэродинамика — Главный Приоритет

[SEM] Eco-Marathon

[SEM]:

- Аэродинамические устройства не ограничены (разрешены любые формы кузова для снижения сопротивления).
- Максимальная ширина автомобиля: 1300 мм (для прохождения городских условий).
- Максимальная высота: 1300 мм (для устойчивости).

2.9 Т.9 — Пневматические и Гидравлические Системы

2.9.1 Т.9.1 — Сжатый Газ (Compressed Gas)

Т.9.1.1 Если автомобиль использует сжатый газ (например, для пневматических актуаторов, подвески или тормозов), баллон должен:

- Иметь заводскую маркировку (рабочее давление, дата освидетельствования).
- Быть закреплён металлическими хомутами (минимум два хомута).
- Иметь предохранительный клапан (сбрасывает давление при превышении максимума).

Т.9.1.2 Максимальное рабочее давление:

FS : 20 бар (200 psi).

FR-Rapid : 10 бар (100 psi).

2.9.2 Т.9.2 — Гидравлические Системы

Т.9.2.1 Гидравлические системы (кроме тормозов) разрешены для актуаторов, подвески, рулевого управления.

Т.9.2.2 Все гидравлические шланги должны быть:

- Заводского изготовления (с маркировкой рабочего давления).
- Закреплены хомутами (не болтаться свободно).
- Рассчитаны на давление минимум в 2 раза выше рабочего.

2.10 Т.10 — Крепёжные Элементы (Fasteners)

2.10.1 Т.10.1 — Общие Требования

Т.10.1.1 Все критические соединения (рама, подвеска, рулевое управление, тормоза) должны быть выполнены болтами/гайками с известной прочностью.

2.10.2 Т.10.2 — [FS]: Класс Прочности 8.8 или Выше

[FS] Formula Student

[FS] Требования:

- Минимальный класс прочности болтов для критических узлов: **8.8** (ISO 898-1).
- Для высоконагруженных узлов (крепление подвески к раме, рулевые тяги): рекомендуется класс 10.9 или 12.9.
- Все болты должны иметь маркировку на головке (8.8, 10.9 и т.д.).

2.10.3 Т.10.3 — [FR-Rapid]: Класс 8.8 Рекомендуется

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid]:

- Минимальный класс прочности: **6.8** (допускается для некритических узлов, таких как крепление обтекателей).
- Для критических узлов (подвеска, рулевое, тормоза): рекомендуется класс **8.8**.
- Использование болтов без маркировки (китайские NoName) **запрещено** для критических узлов.

2.10.4 Т.10.4 — Самоконтрящиеся Гайки и Стопорение

Т.10.4.1 [FS] / [FR-Rapid]: Все болты в критических узлах должны быть застопорены одним из способов:

- Самоконтрящаяся гайка (Nyloc, гайка с нейлоновым кольцом).
- Контргайка (две гайки, затянутые друг к другу).
- Шплинт (для болтов с прорезью).
- Фиксатор резьбы (Loctite средней или высокой прочности).

Т.10.4.2 Запрещено использование обычных гаек без стопорения на вибронгруженных узлах (подвеска, рулевое).

2.10.5 Т.10.5 — [SEM]: Без Специальных Требований

[SEM] Eco-Marathon

[SEM]:

- Класс прочности болтов не регламентируется (команда несёт ответственность за прочность соединений).
- Рекомендуется использование самоконтрящихся гаек для предотвращения саморазвинчивания.

2.11 Т.11 — Низковольтная Электрика (LV Electrical)

2.11.1 Т.11.1 — Определение Low Voltage (LV)

Т.11.1.1 Low Voltage (LV) — все электрические системы с напряжением **менее 60V DC** или менее 25V AC (RMS).

Т.11.1.2 Примеры LV-систем:

- 12V аккумулятор (для освещения, стартера, приборов).
- 24V или 48V системы управления (для электромагнитных клапанов, сервоприводов).

2.11.2 Т.11.2 — Защита от Короткого Замыкания

Т.11.2.1 [FS] / [FR-Rapid]: Все LV-цепи должны быть защищены предохранителями или автоматическими выключателями.

Т.11.2.2 Предохранитель должен быть расположен как можно ближе к источнику питания (батарее).

Т.11.2.3 Номинал предохранителя должен соответствовать максимальному току цепи (не более 150% от номинального тока нагрузки).

2.11.3 Т.11.3 — Проводка LV

Т.11.3.1 Провода LV-систем должны:

- Иметь изоляцию (минимум 600V номинального напряжения изоляции).
- Быть закреплены (не болтаться свободно, не тереться о острые края).
- Иметь сечение, соответствующее току (минимум 0.5 мм² для сигнальных цепей, 2.5 мм² для силовых цепей 12V до 20A).

Т.11.3.2 Маркировка проводов LV:

FS : Рекомендуется цветовая маркировка (красный = +12V, чёрный = GND, жёлтый/зелёный = сигналы).

FR-Rapid : Маркировка не обязательна, но рекомендуется для упрощения диагностики.

2.11.4 Т.11.4 — [SEM]: Минимальные Требования

[SEM] Eco-Marathon

[SEM]:

- LV-системы должны иметь предохранители (минимум один главный предохранитель на батарее).
- Проводка должна быть изолирована и закреплена (не касаться острых краёв или горячих поверхностей).

2.12 Т.12 — Идентификация Автомобиля (Vehicle Identification)

2.12.1 Т.12.1 — Стартовый Номер

Т.12.1.1 Каждый автомобиль должен иметь стартовый номер, видимый со всех сторон (спереди, сзади, по бокам).

Т.12.1.2 [FS] / [FR-Rapid]: Требования к номерам:

- Высота цифр: минимум **150** мм.
- Цвет: Контрастный к фону (чёрный на белом или белый на чёрном).
- Расположение:
 - Спереди: На носовом обтекателе или над передней осью.
 - Сзади: На задней панели (видимость для маршалов и камер).
 - По бокам: На боковых панелях (два номера).

Т.12.1.3 [SEM]: Требования менее строгие:

- Высота цифр: минимум **100** мм.
- Расположение: Спереди и сзади (боковые номера опциональны).

2.12.2 Т.12.2 — Логотипы Команды и ВУЗа

Т.12.2.1 Автомобиль должен иметь логотип команды и название ВУЗа (видимость для зрителей и спонсоров).

Т.12.2.2 Минимальный размер логотипа ВУЗа: **50×50** мм (на боковых панелях или носу).

2.12.3 Т.12.3 — Наклейки Спонсоров

Т.12.3.1 Команды обязаны разместить наклейки главных спонсоров соревнований (предоставляются организаторами).

Т.12.3.2 Размер и расположение наклеек спонсоров определяются организаторами (обычно на боковых панелях, рядом со стартовым номером).

2.13 Т.13 — Экипировка Пилота и Оборудование

2.13.1 Т.13.1 — Шлем

Т.13.1.1 Пилот обязан носить закрытый шлем во время всех динамических заездов (Acceleration, Skidpad, Autocross, Endurance).

[FS] Formula Student

[FS] Требования к шлему:

- Стандарты: Snell SA2015 или новее, FIA 8860-2010 или новее, ECE 22.05 или 22.06.
- Тип: Закрытый (full-face) или модульный (flip-up), но только в закрытом положении.
- Состояние: Без трещин, без повреждений. Шлем старше 10 лет от даты производства не допускается.

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Требования к шлему:

- Стандарты: ECE 22.05/22.06, Snell (любой), DOT.
- Тип: Закрытый (full-face) или открытый (open-face) с визором.
- Состояние: Без трещин, без повреждений.

[SEM] Eco-Marathon

[SEM] Требования к шлему:

- Любой мотоциклетный или велосипедный шлем (с сертификацией).
- Открытые шлемы (half-helmet) разрешены для закрытых кузовов (Urban Concept).

2.13.2 Т.13.2 — Комбинезон (Suit)

Т.13.2.1 [FS]: Пилот должен носить огнестойкий комбинезон:

- Стандарты: FIA 8856-2000 или новее, SFI 3.2A/1 или выше.
- Материал: Nomex или аналогичный огнестойкий материал.

Т.13.2.2 [FR-Rapid]: Комбинезон рекомендуется, но не обязателен. Минимум:

- Одежда из натуральных тканей (хлопок, джинса).
- Длинные рукава и длинные брюки (запрещены шорты, футболки).

- Закрытая обувь (кроссовки, ботинки).

T.13.2.3 [SEM]: Комбинезон не требуется. Достаточно обычной одежды (длинные рукава/брюки).

2.13.3 T.13.3 — Перчатки

T.13.3.1 [FS]: Огнестойкие перчатки обязательны (FIA 8856 или SFI 3.3).

T.13.3.2 [FR-Rapid] / [SEM]: Перчатки рекомендуются (любые — мотоциклетные, велосипедные, рабочие).

2.13.4 T.13.4 — Огнетушитель

T.13.4.1 [FS] / [FR-Rapid]: Автомобиль должен иметь огнетушитель:

- Тип: Порошковый (ABC) или углекислотный (CO).
- Объём: Минимум **1 кг** порошка или **2 кг** CO.
- Расположение: В кокпите, доступен пилоту (закреплён хомутом, не болтается).
- Маркировка: Красная ручка, видимая снаружи.

T.13.4.2 [SEM]: Огнетушитель рекомендуется, но не обязателен (организаторы обеспечивают пожарную безопасность на трассе).

2.13.5 T.13.5 — Аптечка

T.13.5.1 Каждая команда должна иметь аптечку первой помощи в паддоке (на командном месте).

T.13.5.2 Минимальный состав аптечки:

- Стерильные бинты (2 шт.).
- Пластыри (5 шт.).
- Антисептик (спирт, перекись водорода).
- Термоодеяло (для ожогов/шока).

Конец Раздела Т — Технические Требования (Т.1 — Т.13)

Приложения к Разделу Т

Приложение Т-А: Таблица Предварительно Одобрённых Сталей

Использование данных материалов для класса [FR-Rapid] не требует проведения физических испытаний на разрыв, при условии предоставления заводского сертификата.

Примечание: S235JR и E235 — типичные "заборные" стали. Они не допускаются из-за низкого предела текучести (<245 МПа).

Обозначение	Стандарт	Предел текучести $\sigma_{0.2}$	Статус
Ст20	ГОСТ 1050-2013	245 МПа	ОК
AISI 1020	ASTM A29	295 МПа	ОК
S235JR	EN 10025	235 МПа	Fail (Слишком слабая)
E235	EN 10305	235 МПа	Fail (Слишком слабая)
25CrMo4	DIN 17200	460+ МПа	ОК (Стандарт FS)

Table 2.1: Разрешённые стали для [FR-Rapid]

Приложение Т-В: Расчёт Прочности Труб для Главной Дуги

Обоснование использования трубы $\text{Ø}30 \times 1.5$ мм (Ст20) для [FR-Rapid]:

Момент инерции сечения для тонкостенной круглой трубы:

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

где D — внешний диаметр, d — внутренний диаметр.

Расчёт для трубы $\text{Ø}30 \times 1.5$ мм:

- $D = 30$ мм, $d = 27$ мм
- $I = \frac{\pi}{64} (30^4 - 27^4) \approx 13\,660$ мм⁴

Сравнение со стандартом FS ($\text{Ø}25.4 \times 2.4$ мм):

- $D = 25.4$ мм, $d = 20.6$ мм
- $I \approx 11\,320$ мм⁴

Вывод: Труба $\text{Ø}30 \times 1.5$ мм (Ст20) имеет жёсткость на изгиб **на 20% выше**, чем стандартная труба FS. Это компенсирует меньший предел текучести Ст20 (245 МПа) по сравнению с 4130 (460 МПа). Для автомобилей массой **менее 220 кг** эта труба легальна без дополнительных расчётов.

Приложение Т-С: Процедура Квази-Статического Теста Краш-Бокса

Для команд [FR-Rapid], использующих собственную конструкцию IA (не Standard):

Оборудование:

- Гидравлический пресс (или механический, с датчиком силы).
- Датчик перемещения (линейный энкодер или видеофиксация с масштабной линейкой).

Процедура:

1. Установить IA вертикально между плитами прессы.
2. Сжимать IA со скоростью 5–10 мм/мин (квази-статика).
3. Записывать данные: Сила (Н) vs. Перемещение (мм).

4. Продолжать до полного смятия IA (или пока сила не превысит 100 кН).

Критерий прохождения:

$$E_{\text{absorbed}} = \int_0^L F(x) dx \geq 5400 \text{ Дж}$$

где L — длина хода сжатия (мм), $F(x)$ — сила (Н).

Отчёт: Команда предоставляет график "Сила — Перемещение" и расчёт площади под кривой.

Chapter 3

EV — Электрические Автомобили (Electric Vehicles)

Данный раздел применяется ко всем автомобилям с электрическим приводом (тяговый электродвигатель вместо двигателя внутреннего сгорания).

3.1 EV.1 — Определения и Границы Напряжений

3.1.1 EV.1.1 — Границы Напряжения

EV.1.1.1 Все электрические системы автомобиля делятся на две категории по уровню опасности:

Low Voltage (LV) — Низкое Напряжение

Напряжение **менее 60V DC** или менее 25V AC (RMS). Считается безопасным для прикосновения (при условии отсутствия больших токов).

High Voltage (HV) — Высокое Напряжение

Напряжение **более 60V DC** или более 25V AC (RMS). Считается смертельно опасным. Требуется изоляции, защитных устройств и визуальной маркировки.

EV.1.1.2 Граница 60V DC является **единой для всех классов** ([FS], [FR-Rapid], [SEM]). Исключений нет.

EV.1.1.3 Tractive System (TS) / Тяговая Система — совокупность всех компонентов, которые находятся под напряжением HV (>60V) во время работы автомобиля:

- Accumulator (батарея)
- Inverter / Motor Controller (инвертор/контроллер)
- Motor (тяговый двигатель)
- Все соединительные кабели между этими компонентами

3.1.2 EV.1.2 — Требования Безопасности по Классам

Класс	Напряжение	Обязательные Безопасности	Компоненты
[FS]	>60V DC	IMD, AMS, AIR (2 шт.), TSAL, TSMS, Shutdown Circuit, Precharge, Оранжевые провода	
[FR-Rapid]	>60V DC	IMD, BMS, AIR (мин. 1 шт.), TSAL, TSMS, Precharge, Оранжевая маркировка (гофра)	
[FR-Rapid]	<60V DC	BMS (для Li-ion), Предохранитель, Kill Switch	
[SEM]	>60V DC	Требования как для [FR-Rapid] >60V	
[SEM]	<60V DC	BMS (для Li-ion), Предохранитель	

Table 3.1: Требования безопасности по классам и напряжениям

3.2 EV.2 — Accumulator (Батарея)

3.2.1 EV.2.1 — Разрешённые Типы Ячеек

[FS] Formula Student

[FS] Требования к ячейкам:

- Только промышленные элементы с полным datasheet от производителя (18650, 21700, Pouch cells).
- Запрещены RC LiPo батареи (мягкие пакетные элементы для авиамodelей).
- Запрещены элементы без маркировки (NoName с Aliexpress).

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Разрешённые ячейки:

- Li-ion cylindrical (18650, 21700) с datasheet.
- LiFePO4 (LFP) элементы.
- RC LiPo батареи РАЗРЕШЕНЫ при условии:
 - Наличие BMS с защитой от перезаряда/переразряда/перегрева.
 - Размещение в жёстком корпусе (см. EV.2.2).
- Запрещены элементы без маркировки производителя.

[SEM] Eco-Marathon**[SEM] Разрешённые элементы:**

- Любые: Li-ion, LiFePO₄, RC LiPo, NiMH, свинцово-кислотные (Lead-Acid).
- Для Li-ion/LiPo обязательна BMS (см. EV.2.3).

3.2.2 EV.2.2 — Требования к Контейнеру (TSAC / Accumulator Container)**EV.2.2.1 — [FS] Formula Student****[FS] Formula Student****Конструкция TSAC:**

- Материал: Сталь, алюминий или композит (карбон/стеклопластик) по расчётам эквивалентности.
- Герметичность: Контейнер должен быть герметичным (защита от попадания воды/грязи).
- Вентиляция: Обязательны газоотводные отверстия с пламегасящей сеткой, направленные от пилота.
- Crash Test: Контейнер должен выдержать падение с высоты 1.2 м без разрушения и выхода ячеек наружу.

EV.2.2.2 — [FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid] Future Race**

Для RC LiPo батарей (обязательно):

- Ячейки должны быть внутри **металлического корпуса**:
 - Минимум 1 мм сталь ИЛИ 2 мм алюминий.
 - Пластиковые боксы (ABS/PLA) разрешены только если они покрыты изнутри огнеупорным материалом (стеклоткань/металлический лист).
- Обязательны газоотводные отверстия (мин. 50×50 мм) с пламегасящей металлической сеткой.
- Вентиляционные отверстия должны быть направлены от пилота (вверх/в стороны/назад).

Для Li-ion cylindrical (18650/21700):

- Корпус обязателен (может быть пластик ABS толщиной минимум 3 мм).
- Вентиляция рекомендуется, но не обязательна (если ячейки имеют защитные клапаны).

Crash Test: Не требуется (удешевление для бюджетного класса), но корпус должен выдерживать статическую нагрузку 500 Н (около 50 кг) без разрушения.

EV.2.2.3 — [SEM] Eco-Marathon**[SEM] Eco-Marathon**

Для напряжения <60V:

- Корпус не обязателен.
- Батареи должны быть закреплены в металлическом поддоне или огнеупорной сумке (LiPo Safety Bag).
- Крепление резиновыми ремнями или пластиковыми стяжками **ЗАПРЕЩЕНО**. Только металлические хомуты или болтовые соединения.

Для напряжения >60V:

- Требования как для [FR-Rapid] (жёсткий корпус с вентиляцией).

Для свинцовых батарей:

- Обязателен кислотостойкий поддон (пластик/резина).
- Вентиляция обязательна (выделение водорода при зарядке).

3.2.3 EV.2.3 — BMS (Battery Management System)

EV.2.3.1 — Обязательность BMS

[FS] Formula Student

[FS] Требования к AMS (Accumulator Management System):

- Мониторинг напряжения каждой ячейки (или группы параллельных ячеек).
- Мониторинг температуры: минимум 1 датчик на 6 последовательных ячеек (или 30% от общего числа ячеек).
- Аварийное отключение AIR при:
 - Напряжении ячейки $<2.5V$ или $>4.25V$ (для Li-ion).
 - Температуре $>60^{\circ}C$.
 - Токе $>150\%$ от номинального (если есть датчик тока).
- Связь с контроллером через CAN-шину (для телеметрии).

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Требования к BMS:

BMS обязательна для всех Li-ion/LiPo батарей. Минимальные функции:

- Защита от перезаряда (отключение зарядки при $4.2V$ /ячейку для Li-ion, $3.65V$ для LiFePO4).
- Защита от переразряда (отключение разряда при $2.8V$ /ячейку для Li-ion, $2.5V$ для LiFePO4).
- Защита от перегрева (отключение при температуре $>60^{\circ}C$).
- Балансировка ячеек (активная или пассивная).

Критическое требование: BMS должна иметь выход для управления внешним реле (AIR) или быть интегрирована в Цепь Аварийного Отключения (SDC), чтобы размыкать механические контакторы при ошибке.

Полагаться только на встроенные MOSFET-ключи BMS ЗАПРЕЩЕНО для систем $>60V$ (если MOSFET пробьёт, ток не остановится).

Допускаются бюджетные BMS: Daly Smart BMS, JBD/Xiaoxiang BMS, AntBMS — при условии, что они сертифицированы (CE/UL) и имеют порт управления контактором.

[SEM] Eco-Marathon**[SEM] Требования к BMS:**

- Для Li-ion/LiPo: BMS обязательна (минимальная защита от перезаряда/переразряда).
- Для свинцовых (Lead-Acid) и NiMH: BMS не требуется, достаточно предохранителя.

3.3 EV.3 — Мониторинг Изоляции (IMD)

3.3.1 EV.3.1 — Цель Требования

IMD (Insulation Monitoring Device) постоянно измеряет сопротивление изоляции между высоковольтной системой (TS+ и TS-) и шасси (землём). Если изоляция нарушена (провод протёрся о раму, изоляция расплавилась), IMD подаёт сигнал и отключает AIR (главное реле), предотвращая удар током.

3.3.2 EV.3.2 — Требования по Классам

[FS] Formula Student

[FS] Formula Student:

- IMD обязателен для всех систем >60V DC.
- Требуется сертифицированный прибор (Bender ISOMETER IR155, Littelfuse IsoGuard или аналоги).
- Порог срабатывания: минимум 500 Ом/Вольт (для батареи 400V минимум 200 кОм).
- IMD должен размыкать AIR (через Shutdown Circuit) при падении сопротивления ниже порога.

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Future Race:

IMD **обязателен** для систем >60V DC. Замена ручной проверкой **ЗАПРЕЩЕНА**.

Изоляция должна контролироваться непрерывно во время движения.

Бюджетный допуск: Разрешается использование общепромышленных реле контроля изоляции постоянного тока (*DC Insulation Monitor Relay*) с порогом срабатывания не ниже 100 Ом/Вольт (рекомендуется 500 Ом/Вольт).

Примеры устройств:

- Промышленные реле от Dernord, Sassin (цена \$50-100).
- Китайские аналоги с сертификатом CE (Aliexpress).

Устройство должно аппаратно размыкать Цепь Аварийного Отключения (SDC) при обнаружении утечки.

Процедура техинспекции: Технический комиссар может запросить демонстрацию работы IMD (имитация пробоя изоляции резистором 10 кОм между TS+ и шасси — IMD должен сработать).

[SEM] Eco-Marathon

[SEM] Eco-Marathon:

- Для систем <60V: IMD не требуется.
- Для систем >60V: Требования как для [FR-Rapid].

3.4 EV.4 — AIR (Главное Реле) и Precharge

3.4.1 EV.4.1 — AIR (Accumulator Isolation Relay)

EV.4.1.1 AIR — механическое реле (контактор), размыкающее силовую цепь между батареей и инвертором. Это главный элемент безопасности, отключающий TS при аварии.

[FS] Formula Student

[FS] Требования:

- Два AIR (на плюсе и минусе батареи), управляемые Shutdown Circuit.
- Контактор должен быть рассчитан на номинальное напряжение батареи и номинальный ток $\times 1.5$.
- При размыкании любого звена Shutdown Circuit (кнопка E-Stop, IMD, BMS) оба AIR должны разомкнуться.

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Упрощённые требования:

- Минимум один AIR (на плюсе батареи).
- Допускается использование одного контактора + предохранителя на минусе (но рекомендуется два контактора для надёжности).
- Контактор должен размыкаться при:
 - Нажатии кнопки TSMS (главный выключатель).
 - Нажатии любой кнопки E-Stop (аварийного отключения).
 - Срабатывании IMD (пробой изоляции).
 - Срабатывании BMS (перегрев, перенапряжение, недонапряжение).

3.4.2 EV.4.2 — Precharge Circuit (Цепь Предзаряда)

EV.4.2.1 Цель: При замыкании AIR конденсаторы инвертора (обычно 1000-2000 мкФ) ведут себя как короткое замыкание. Бросок тока может достигать 500-1000А, что сваривает контакты AIR. Precharge заряжает конденсаторы медленно (через резистор), прежде чем замкнуть AIR.

[FS] Formula Student**[FS] Требования:**

- Precharge обязателен.
- Автоматический контроль: AIR замыкается только после того, как напряжение на инверторе достигнет 90% от напряжения батареи (контроль через компаратор/микроконтроллер).

[FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid] Требования:**

Precharge обязателен для всех контроллеров с ёмкостным входом (более 100 мкФ).

Принцип: Замыкание главного контактора (AIR) должно происходить только после того, как напряжение на инверторе достигнет 90% от напряжения батареи.

Реализация:

- **Вариант А (Умный):** Контроль напряжения через компаратор/микроконтроллер.
- **Вариант В (Бюджетный, РАЗРЕШЁН для FR-Rapid):** Использование реле времени (*Time Delay Relay*). Задержка перед включением основного контактора должна быть рассчитана (обычно 1–3 секунды) и жёстко задана.

Схема:

1. Резистор (50–100 Вт, 100 Ом) + маленькое реле (Precharge Relay) подключены параллельно AIR.
2. При включении сначала замыкается Precharge Relay (ток течёт через резистор, заряжая конденсаторы).
3. Через 1–3 секунды (контроль таймером) замыкается AIR (основной контактор).
4. Precharge Relay размыкается (резистор больше не нужен).

ЗАПРЕТ: Ручное управление предзарядом (удержание кнопок пилотом, "считать до двух") **ЗАПРЕЩЕНО** (человеческий фактор).

Исключение: Если контроллер имеет доказанную документацией встроенную цепь предзаряда (*internal precharge*) для входных конденсаторов, внешняя схема не нужна.

Примечание: У контроллеров Kelly KLS, Votol, Sabvoton встроенного precharge обычно нет — требуется внешняя схема.

[SEM] Eco-Marathon**[SEM]:**

- Для систем $<60V$ и мощности <1 кВт: Precharge не требуется (конденсаторы малы).
- Для систем $>60V$ и мощности >3 кВт: Требования как для [FR-Rapid].

3.5 EV.5 — Индикаторы и Аварийные Выключатели

3.5.1 EV.5.1 — TSAL (Tractive System Active Light)

EV.5.1.1 Цель: TSAL — красный мигающий индикатор, показывающий, что высоковольтная система активна ($>60V$ присутствует между AIR и инвертором). Это главный визуальный сигнал безопасности для маршалов.

[FS] Formula Student

[FS] Требования:

- Красный мигающий свет (частота 2-5 Гц), видимый со всех сторон автомобиля при дневном свете.
- Логика: Горит, если AIR замкнуты ИЛИ напряжение на шине инвертора $>60V$.
- Зелёный свет: Показывает, что AIR разомкнуты (безопасно).

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Требования (для систем $>60V$):

TSAL обязателен. Минимальные требования:

- Красный мигающий свет (частота 2-5 Гц).
- Видимость с 3 сторон (спереди/сзади/сверху или по бокам).
- Логика:
 - **Красный мигающий:** Если замкнуты контакторы (AIR) ИЛИ напряжение на шине инвертора $>60V$.
 - **Зелёный (опционально):** Если контакторы разомкнуты.

Упрощение: Разрешается использование готовых промышленных маяков (*stack lights*), управляемых реле, без сложной схемы сравнения напряжений, если они надёжно показывают статус контакторов.

Бюджетный вариант: Маячок с Aliexpress (\$5-10), управляемый через реле, параллельное катушке AIR (если AIR включён = TSAL горит).

[SEM] Eco-Marathon

[SEM]:

- Для систем $<60V$: TSAL не требуется. Достаточно обычного светодиода "Power ON" на приборной панели.
- Для систем $>60V$: Требования как для [FR-Rapid].

3.5.2 EV.5.2 — TSMS (Tractive System Master Switch)

EV.5.2.1 TSMS — главный поворотный выключатель, обесточивающий всю высоковольтную систему (размыкает AIR).

[FS] Formula Student

[FS] Требования:

- Поворотный выключатель (Rotary Switch), механический, с возможностью блокировки (Lockout/Tagout).
- Красная метка на оранжевом фоне.
- Расположение: Справа от пилота, доступен снаружи без открывания обтекателей.

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Требования:

TSMS обязателен для систем >60V DC.

- Допускается использование качественных поворотных выключателей массы (типа Hella) или промышленных кулачковых переключателей.
- Расположение: Справа от пилота, доступен снаружи.
- Маркировка: Белая надпись "TSMS" на красном фоне.

[SEM] Eco-Marathon

[SEM]:

- Для систем <60V: Допускается использование ключа зажигания (*Keyswitch*) или обычного тумблера, разрывающего силовую цепь.
- Для систем >60V: Требования как для [FR-Rapid].

3.5.3 EV.5.3 — Shutdown Buttons (Аварийные Кнопки E-Stop)

EV.5.3.1 Shutdown Buttons (кнопки аварийного отключения) — красные грибовидные кнопки, которые немедленно размыкают AIR при нажатии.

[FS] Formula Student**[FS] Требования:**

- Минимум 3 кнопки: слева от пилота, справа от пилота, в кокпите (доступна пилоту).
- Диаметр грибка: минимум 24 мм.
- Тип: Фиксируемая (*Latch*), разблокировка поворотом.

[FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid] Требования:**

Обязательно минимум:

- 1 кнопка в кокпите (доступна пилоту).
- 1 кнопка снаружи (сзади или сверху), доступная маршалам.

Технические параметры:

- Диаметр кнопки: минимум 22 мм (стандарт промышленных кнопок).
- Диаметр грибка: не регламентирован (обычно 30-40 мм).
- Тип: Фиксируемая (*Latch*), разблокировка поворотом.
- Цвет: Красный.

[SEM] Eco-Marathon**[SEM]:**

- Минимум 1 аварийный выключатель снаружи, доступный для маршалов и пилота.
- Может быть большая красная кнопка (любого размера).

3.6 EV.6 — Проводка и Маркировка

3.6.1 EV.6.1 — Сечение Проводов

EV.6.1.1 Все провода Тractionной Системы (TS) должны быть рассчитаны на непрерывный ток, определяемый предохранителем или ограничителем тока в контроллере.

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Минимальные сечения:

- Для тока до 40А: Минимальное сечение **6 мм²** (10 AWG).
- Для тока до 80А: Минимальное сечение **10 мм²** (8 AWG).
- Для тока до 120А: Минимальное сечение **16 мм²** (6 AWG).

ЗАПРЕЩЕНО: Использование проводов 4 мм² в силовых цепях тягового мотора (>10А).

Обоснование: Плотность тока в закрытых пространствах (жгутах) не должна превышать 5-6 А/мм², иначе изоляция расплавится.

[FS] Formula Student

[FS] Минимальные сечения:

- Для тока до 100А: 6 мм² (10 AWG).
- Для тока до 150А: 10 мм² (8 AWG).
- Для тока до 200А: 16 мм² (6 AWG).

3.6.2 EV.6.2 — Оранжевая Маркировка HV-Проводов

EV.6.2.1 Все провода высоковольтной системы (>60V) должны иметь визуальное обозначение оранжевым цветом.

[FS] Formula Student

[FS] Требования:

- Кабель должен иметь оранжевую изоляцию заводского изготовления (по всей длине).

[FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid] Упрощённые требования:**

Для систем $>60V$ DC обязательно визуальное обозначение оранжевым цветом.

Разрешено: Использование кабелей любого цвета (чёрный/красный), если они полностью (на 100% длины) помещены в **оранжевую защитную гофру** (*conduit*) или оранжевую термоусадку.

ЗАПРЕЩЕНО: Использование изоленды, наклеек или частичной окраски. Оранжевый слой должен быть непрерывным.

Бюджетное решение:

1. Купить дешёвый сварочный кабель КГ-хл или силовой кабель (чёрный/красный).
2. Купить оранжевую автомобильную гофру (разрезную) — цена \$1-2 за метр.
3. Засунуть кабель в гофру. Это полностью соответствует требованиям безопасности.

[SEM] Eco-Marathon**[SEM]:**

- Для систем $<60V$: Маркировка не требуется.
- Для систем $>60V$: Требования как для [FR-Rapid] (оранжевая гофра или оранжевый кабель).

Chapter 4

D — Динамические Дисциплины (Dynamic Events)

Динамические дисциплины проверяют реальные характеристики автомобиля: разгон, управляемость, выносливость и энергоэффективность.

4.1 D.1 — Общие Положения

4.1.1 D.1.1 — Соревновательные Дисциплины

[FS] Formula Student

[FS] Formula Student — Полный набор дисциплин:

1. **Acceleration** (Разгон 75 м)
2. **Skidpad** (Восьмёрка — проверка управляемости)
3. **Autocross** (Спринт, 1 круг по трассе)
4. **Endurance** (Гонка на выносливость, 22 км)
5. **Efficiency** (Энергоэффективность — оценивается внутри Endurance)

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Future Race — Гибридный формат:

1. **Acceleration** (Разгон 75 м)
2. **Skidpad** (Восьмёрка)
3. **Autocross** (Спринт, 1 круг)
4. **Endurance** (Гонка на выносливость, 11 км — сокращённая дистанция)
5. **Efficiency** (Энергоэффективность — оценивается внутри Endurance)

[SEM] Eco-Marathon**[SEM] Eco-Marathon — Только эффективность:**

1. **Efficiency Challenge** (Заезд на фиксированную дистанцию 10-15 км с контролем времени и расхода энергии)

Примечание: Тесты на маневренность (Skidpad, Autocross) не проводятся для класса [SEM], так как автомобили имеют закрытые кузова с ограниченным обзором и малым радиусом поворота.

4.1.2 D.1.2 — Система Зачёта

D.1.2.1 Соревнования проводятся с отдельными зачётами по классам:

- **Кубок Formula Student** — победитель класса [FS]
- **Кубок Future Race Rapid** — победитель класса [FR-Rapid]
- **Кубок Eco-Marathon** — победитель класса [SEM]

D.1.2.2 Баллы команд из разных классов **не сравниваются** и не суммируются (невозможно объективно сравнить энергоэффективность с динамикой разгона).

D.1.2.3 Организаторы могут учредить специальный приз "**Лучшая Команда Мероприятия**" (*Best Overall Team Award*) за выдающийся инженерный подход, присуждаемый вне спортивных таблиц.

4.1.3 D.1.3 — Количество Попыток (Attempts)

Дисциплина	[FS]	[FR-Rapid]	[SEM]
Acceleration	4 попытки (2×2 водителя)	4 попытки	—
Skidpad	4 попытки (2×2 водителя)	4 попытки	—
Autocross	4 попытки (2×2 водителя)	4 попытки	—
Endurance	1 попытка	1 попытка	2-3 попытки

Table 4.1: Количество попыток по дисциплинам

D.1.3.1 В зачёт идёт **лучший результат** из всех попыток.

D.1.3.2 Для дисциплин Acceleration, Skidpad, Autocross каждый из двух зарегистрированных водителей команды должен выполнить минимум одну попытку.

4.1.4 D.1.4 — Смена Пилота**[FS] Formula Student****[FS]:**

- Смена пилота между дисциплинами **разрешена**.
- В Endurance (22 км) смена пилота **обязательна** на середине дистанции.

[FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid]:**

- Смена пилота между дисциплинами (Acceleration, Skidpad, Autocross) **разрешена**.
- В Endurance (11 км) смена пилота **запрещена** (упрощение процедуры — один пилот проезжает всю дистанцию).

[SEM] Eco-Marathon**[SEM]:**

- Один пилот на одну попытку Efficiency Challenge.
- Между попытками смена пилота разрешена.

4.2 D.2 — Конфигурация Трассы

4.2.1 D.2.1 — Единая Трасса, Разные Режимы

D.2.1.1 Соревнования проводятся на одной трассе с возможностью изменения конфигурации для разных классов.

[FS] Formula Student

[FS] / [FR-Rapid]:

- Едут по полной конфигурации трассы (с шпильками, шиканами, слаломами).
- Длина круга: обычно 1.0-1.5 км.
- Ширина трассы: минимум 3 м (между конусами).

[SEM] Eco-Marathon

[SEM]:

- Едут по упрощённой конфигурации (внешний овал или трасса со срезанными шиканами).
- Если упрощённая конфигурация невозможна, [SEM] едет по общей трассе, но в отдельной сессии (чтобы избежать столкновений с быстрыми автомобилями [FS]/[FR]).

4.2.2 D.2.2 — Маркировка Трассы

D.2.2.1 Трасса размечена конусами (оранжевыми/жёлтыми). Левая граница — синие конусы, правая — жёлтые (по стандарту FS).

D.2.2.2 Сбитый конус (*Downed or Out-of-position, DOO*) — конус, который упал, сдвинулся более чем на 1 м от исходной позиции, или перевернулся.

4.3 D.3 — Acceleration (Разгон 75 м)

4.3.1 D.3.1 — Описание

Проверяется динамика разгона автомобиля на прямой дистанции 75 м. Побеждает команда с наименьшим временем.

4.3.2 D.3.2 — Процедура

D.3.2.1 Автомобиль стартует из неподвижного положения (колёса не пересекли стартовую линию).

D.3.2.2 Время фиксируется автоматически (световые барьеры или лазерные датчики) от момента пересечения стартовой линии до момента пересечения финишной линии (75 м).

D.3.2.3 Фальстарт (пересечение линии до команды старта) приводит к аннулированию попытки. Водитель может повторить попытку.

4.3.3 D.3.3 — Начисление Баллов

D.3.3.1 Максимум баллов: **100 очков** (для самого быстрого автомобиля).

D.3.3.2 Формула начисления баллов для остальных команд:

$$\text{Score} = 100 \times \frac{T_{\min}}{T_{\text{team}}}$$

где T_{\min} — время лучшей команды, T_{team} — время данной команды.

D.3.3.3 Команды, не завершившие попытку (DNF), получают **0 баллов**.

4.4 D.4 — Skidpad (Восьмёрка)

4.4.1 D.4.1 — Описание

Проверяется управляемость автомобиля на постоянной скорости в поворотах. Автомобиль проезжает два круга по восьмёрке (два круга влево, два круга вправо).

4.4.2 D.4.2 — Конфигурация

D.4.2.1 Два круга диаметром **15.25** м (радиус 7.625 м), расположенные рядом (восьмёрка).

D.4.2.2 Автомобиль должен проехать:

- Разгонный круг (не засчитывается).
- Два зачётных круга влево.
- Переход в правый круг.
- Два зачётных круга вправо.

4.4.3 D.4.3 — Начисление Баллов

D.4.3.1 Время фиксируется только для двух зачётных кругов (левых и правых). Используется среднее время одного круга.

D.4.3.2 Формула начисления баллов:

$$\text{Score} = 100 \times \frac{T_{\min}}{T_{\text{team}}}$$

D.4.3.3 Сбитый конус: **+2 секунды** к времени за каждый конус.

4.5 D.5 — Autocross (Спринт)

4.5.1 D.5.1 — Описание

Автомобиль проезжает один круг по трассе Endurance на максимальной скорости. Проверяется управляемость, разгон, торможение на реальной трассе.

4.5.2 D.5.2 — Процедура

D.5.2.1 Каждый водитель выполняет две попытки (итого 4 попытки на команду).

D.5.2.2 В зачёт идёт лучшее время из всех попыток.

4.5.3 D.5.3 — Штрафы

D.5.3.1 Сбитый конус (DOO): **+2 секунды**.

D.5.3.2 Выезд с трассы (Off-Course, OC):

- Если автомобиль вернулся на трассу самостоятельно: **+10 секунд**.
- Если автомобиль не смог вернуться (застрял, заглох): **DNF** (попытка не засчитана).

4.5.4 D.5.4 — Начисление Баллов

D.5.4.1 Максимум баллов: **150 очков**.

D.5.4.2 Формула:

$$\text{Score} = 150 \times \frac{T_{\min}}{T_{\text{team}}}$$

4.6 D.6 — Endurance (Гонка на Выносливость)

4.6.1 D.6.1 — Описание

Главная дисциплина соревнований. Проверяется надёжность автомобиля, его динамические характеристики и энергоэффективность на длинной дистанции.

4.6.2 D.6.2 — Дистанция

[FS] Formula Student

[FS] Formula Student:

- Дистанция: **22 км** (обычно 18-20 кругов по трассе длиной 1.2 км).
- Смена пилота: **обязательна** на середине дистанции (после 11 км).
- Процедура смены: Автомобиль заезжает в Pit Lane, двигатель выключается, первый водитель выходит, второй садится, пристёгивается, запускает двигатель, продолжает гонку.

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Future Race:

- Дистанция: **11 км** (сокращённая, обычно 9-10 кругов).
- Смена пилота: **запрещена** (один пилот проезжает всю дистанцию).
- Обоснование: Упрощение процедуры. Для лёгкого автомобиля (130 кг) 11 км достаточно для проверки надёжности.

4.6.3 D.6.3 — Минимальная Скорость

[FS] Formula Student

[FS]:

- Если автомобиль едет медленнее **133% от времени лидера**, ему показывают синий флаг (*Blue Flag*).
- Если автомобиль не пропускает лидера в течение одного круга после показа синего флага, его снимают с трассы (DNF).

[FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid]:**

- Средняя скорость должна быть не ниже **40 км/ч**.
- Если автомобиль едет медленнее (например, из-за перегрева мотора или разряда батареи), его снимают с трассы (DNF).

4.6.4 D.6.4 — Штрафы

D.6.4.1 Сбитый конус: **+2 секунды**.

D.6.4.2 Выезд с трассы (OC): **+10 секунд** (если вернулся сам), или DNF (если не вернулся).

D.6.4.3 Остановка на трассе: Если автомобиль остановился на трассе дольше чем на 30 секунд, маршалы объявляют **DNF**.

4.6.5 D.6.5 — DNF и Частичные Баллы

D.6.5.1 Если автомобиль не завершил дистанцию (поломка, авария), команда получает частичные баллы за пройденные круги:

$$\text{Score}_{\text{Endurance}} = \text{Score}_{\text{max}} \times \frac{L_{\text{completed}}}{L_{\text{total}}} \times 0.5$$

где:

- $L_{\text{completed}}$ — количество завершённых кругов,
- L_{total} — общее количество кругов,
- Коэффициент 0.5 — штраф за незавершение.

Пример: Команда прошла 15 из 18 кругов и сломалась. Она получает:

$$\text{Score} = 300 \times \frac{15}{18} \times 0.5 = 125 \text{ баллов}$$

4.6.6 D.6.6 — Начисление Баллов

D.6.6.1 Максимум баллов за Endurance: **300 очков**.

D.6.6.2 Формула для команд, завершивших дистанцию:

$$\text{Score} = 300 \times \frac{T_{\text{min}}}{T_{\text{team}}}$$

4.7 D.7 — Efficiency (Энергоэффективность)

4.7.1 D.7.1 — [FS] / [FR-Rapid]: Оценка Внутри Endurance

D.7.1.1 Энергоэффективность оценивается как отдельная дисциплина, но измеряется во время Endurance.

D.7.1.2 Для ICE (двигателей внутреннего сгорания): Измеряется расход топлива (литров на 22 км или 11 км).

D.7.1.3 Для EV (электромобилей): Измеряется потребление энергии (кВт·ч на 22 км или 11 км).

D.7.1.4 Максимум баллов за Efficiency: **100 очков**.

D.7.1.5 Формула:

$$\text{Score} = 100 \times \frac{E_{\min}}{E_{\text{team}}}$$

где E_{\min} — наименьшее потребление энергии, E_{team} — потребление данной команды.

4.7.2 D.7.2 — [SEM]: Efficiency Challenge (Основная Дисциплина)

[SEM] Eco-Marathon

Описание: Автомобили класса [SEM] проезжают фиксированную дистанцию (обычно 10-15 км) на трассе. Цель — потратить минимум энергии (или топлива).

Требования:

- Средняя скорость должна быть не ниже **25 км/ч** (стандарт Shell Eco-marathon).
- Максимальное время на прохождение дистанции: определяется организаторами (обычно 35-40 минут на 15 км).

Попытки: Разрешено **2-3 попытки**. В зачёт идёт лучший результат (наименьшее потребление энергии).

Начисление баллов:

$$\text{Score} = 1000 \times \frac{D}{E_{\text{team}}}$$

где:

- D — дистанция (км),
- E_{team} — потребление энергии команды (кВт·ч или литров бензинового эквивалента).

Пример: Команда проехала 15 км, потратив 0.05 кВт·ч:

$$\text{Score} = 1000 \times \frac{15}{0.05} = 300\,000 \text{ баллов (км/кВт·ч)}$$

4.8 D.8 — Сводная Таблица Дисциплин

Дисциплина	[FS]	[FR-Rapid]	
Acceleration (75 м)	4 попытки, 100 очков	4 попытки, 100 очков	
Skidpad (восьмёрка)	4 попытки, 100 очков	4 попытки, 100 очков	
Autocross (1 круг)	4 попытки, 150 очков	4 попытки, 150 очков	
Endurance	22 км, смена пилота, 300 очков	11 км, 1 пилот, 300 очков	10-15
Efficiency	Внутри Endurance, 100 очков	Внутри Endurance, 100 очков	Основн
Мин. скорость	Правило 133% от лидера	> 40 км/ч ср. скорость	> 25
Штраф (конус)	+2 сек	+2 сек	+2 с

Table 4.2: Сводная таблица динамических дисциплин

Chapter 5

S — Статические Дисциплины (Static Events)

Статические дисциплины проверяют инженерное мышление, экономическую грамотность и коммуникативные навыки команд. Здесь оценивается не только "как быстро едет машина", но и "почему она сконструирована именно так" и "как её производить и продавать".

5.1 S.1 — Общие Положения

5.1.1 S.1.1 — Список Статических Дисциплин

[FS] Formula Student

[FS] Formula Student — Полный набор (325 баллов):

1. **Engineering Design Event** (150 pts) — Глубокая техническая защита конструкции.
2. **Cost & Manufacturing Event** (100 pts) — Детальная смета и технология производства по стандартным таблицам.
3. **Business Plan Presentation** (75 pts) — Инвестиционный питч (бизнес-план серийного производства).

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Future Race — Облегчённый, но полный цикл (300 баллов):

1. **Engineering Design Event** (150 pts) — Фокус на понимании базовых решений (рама, тормоза, подвеска).
2. **Cost Report (Simplified)** (75 pts) — Упрощённая смета (см. S.3).
3. **Business Plan Presentation** (75 pts) — Поиск спонсоров и коммерциализация проекта.

[SEM] Eco-Marathon**[SEM] Eco-Marathon — Экология и коммуникация (150 баллов):**

1. **Technical & Eco-Design Event** (100 pts) — Объединённая дисциплина: конструкция + экологичность материалов + стратегия вождения.
2. **Communication & Outreach** (50 pts) — Как команда продвигает идеи экологии и представляет свой ВУЗ.

5.1.2 S.1.2 — Распределение Баллов Static/Dynamic

Класс	Static Events	Dynamic Events	Итого
[FS]	325 баллов (32.5%)	675 баллов (67.5%)	1000
[FR-Rapid]	300 баллов (30%)	700 баллов (70%)	1000
[SEM]	150 баллов (15%)	850 баллов (85%)	1000

Table 5.1: Распределение баллов между Static и Dynamic Events

Логика распределения:

- **[FS]:** Классическое соотношение 30/70 (стандарт FSG/FSUK).
- **[FR-Rapid]:** Упор на динамику (машины дешёвые, их надо гонять), но статика важна для обучения.
- **[SEM]:** Главное — проехать дальше всех. Статика — это допуск и бонус.

5.1.3 S.1.3 — Язык Презентаций и Документов**[FS] Formula Student****[FS] Formula Student:**

- **Документы (Reports):** Английский язык (стандарт международных соревнований).
- **Устная защита:** Английский язык.

[FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid] Future Race:**

- **Документы (Reports):** Русский язык. Обязательно использовать английские термины в скобках (например: Wishbone, Upright, BMS), чтобы студенты учили международный стандарт.
- **Устная защита:** Русский или казахский язык.
- **Бонус:** Если команда защищается на английском языке — **+5 бонусных баллов** (стимул учить язык, но не барьер для входа).

[SEM] Eco-Marathon**[SEM] Eco-Marathon:**

- Документы: Русский язык (английские термины приветствуются).
- Устная защита: Русский или казахский язык.

5.1.4 S.1.4 — Штрафы за Опоздание с Документами

S.1.4.1 Все документы должны быть загружены на платформу соревнований не позднее установленного срока (обычно за 2 недели до мероприятия).

S.1.4.2 За позднюю подачу документов начисляется штраф **10 очков за каждый день (24 часа)** просрочки.

S.1.4.3 Штрафы делятся на две категории:

Критические документы (Безопасность):

- SES (Structural Equivalency Spreadsheet), IAD (Impact Attenuator Data), ESF (Electrical System Form).
- Штраф вычитается из **общего зачёта команды**.
- Максимальный штраф: **-50 баллов**.
- **Последствие:** Если документ не одобрен до начала технической инспекции — машина **не допускается к инспекции** (а значит, и к гонке). Но дисквалификации до приезда на полигон нет.

Спортивные документы (Static Events):

- Cost Report, Design Report, Business Plan.
- Штраф вычитается из **очков за эту дисциплину**.
- Если штраф превышает стоимость дисциплины (например, -100 баллов при максимуме 75), команда получает **0 баллов** за эту дисциплину, но допускается к защите ради опыта (*Feedback only*).

Пример: Команда опоздала с Cost Report на 5 дней. Штраф: -50 баллов. Максимум за Cost Report в классе [FR] — 75 баллов. Результат: 0 баллов за Cost, но команда может выступить на защите и получить обратную связь от судей.

5.2 S.2 — Engineering Design Event

5.2.1 S.2.1 — Цель Дисциплины

Engineering Design Event проверяет понимание командой инженерных решений, принятых при проектировании автомобиля. Судьи оценивают:

- Техническую грамотность (знание теории и стандартов).
- Обоснованность решений (почему выбраны именно эти материалы, геометрия, компоненты).
- Инновационность (оригинальные решения, не скопированные из прошлых проектов).
- Экономическую эффективность (баланс между производительностью и стоимостью).

5.2.2 S.2.2 — Формат Презентации

S.2.2.1 — [FS] Formula Student: Pit Walk (Осмотр у машины)

[FS] Formula Student

Процедура:

- Команда стоит у своего автомобиля (в пэддоке или на стенде).
- Панель из 3-4 судей подходит к машине.
- Судьи задают вопросы 15-20 минут (формат: свободный диалог).
- Команда отвечает, показывает детали, объясняет решения, демонстрирует расчёты.

Типичные вопросы:

- "Почему вы выбрали эту конфигурацию подвески?"
- "Покажите расчёты жёсткости рамы."
- "Как вы решили проблему перегрева аккумулятора?"

Баллы: Максимум 150 очков.

S.2.2.2 — [FR-Rapid]: Презентация + Осмотр**[FR-Rapid] Future Race****Процедура:**

- 1. Презентация (10 минут):** Команда делает краткую презентацию (Power-Point или у плаката) с основными решениями:
 - Общая концепция автомобиля.
 - Ключевые системы (рама, подвеска, тормоза, электрика/двигатель).
 - Расчёты и обоснования.
- 2. Осмотр у машины (20 минут):** Судьи подходят к автомобилю и задают вопросы по деталям.

Фокус для [FR-Rapid]: Судьи проверяют понимание базовых решений:

- Почему выбрана сталь Ст20? (Ответ: доступность + прочность).
- Как рассчитана тормозная система? (Ответ: масса 130 кг, торможение 1.5g, давление в цилиндре...).
- Как обеспечена безопасность батареи? (Ответ: металлический корпус, BMS с контролем напряжения и температуры...).

Баллы: Максимум 150 очков.

S.2.2.3 — [SEM]: Technical & Eco-Design Presentation

[SEM] Eco-Marathon

Процедура:

1. Команда делает презентацию (15 минут) на тему:
 - Конструкция автомобиля (материалы, аэродинамика).
 - Экологичность решений (использование переработанных материалов, минимизация отходов).
 - Стратегия вождения (как водитель экономит энергию: плавный разгон, рекуперация).
2. Вопросы судей (10 минут).

Критерии оценки:

- Техническая обоснованность (40%).
- Экологичность (40%).
- Инновационность (20%).

Баллы: Максимум 100 очков.

5.2.3 S.2.3 — Требования к Design Report (Письменный Отчёт)

[FS] Formula Student

[FS] Engineering Design Report (EDR):

- Объём: **8 страниц** (A4, шрифт 11pt) + 3 чертежа (общий вид, рама, подвеска).
- Структура:
 1. Introduction (Концепция автомобиля, цели проекта).
 2. Chassis & Frame (Рама, материалы, расчёты прочности).
 3. Suspension (Геометрия подвески, кинематика).
 4. Powertrain (Двигатель/мотор, трансмиссия).
 5. Brakes (Тормозная система, расчёты).
 6. Electrical/Electronics (для EV: батарея, BMS, инвертор).
 7. Testing & Validation (Тесты, результаты).
- Язык: Английский.
- Срок подачи: За 2 недели до соревнований.

[FR-Rapid] Future Race**[FR-Rapid] Concept Brief:**

- Объём: **4 страницы** (А4).
- Структура:
 1. **Страница 1:** Общий вид и характеристики (вес, размеры, мощность).
 2. **Страница 2:** Рама и безопасность (материалы, расчёты Main Hoop, Crash Box).
 3. **Страница 3:** Электрика/Двигатель (схема, компоненты, обоснование выбора).
 4. **Страница 4:** Подвеска и тормоза (геометрия, расчёты).
- Язык: Русский (английские термины в скобках).
- Срок подачи: За 2 недели до соревнований.

[SEM] Eco-Marathon**[SEM] Technical Description:**

- Объём: **10-15 страниц** (по требованиям Shell Eco-marathon).
- Фокус: Стратегия расхода энергии, аэродинамика, выбор лёгких материалов.
- Язык: Русский или английский.
- Срок подачи: За 2 недели до соревнований.

5.3 S.3 — Cost & Manufacturing Event

5.3.1 S.3.1 — Цель Дисциплины

Cost Event проверяет умение команды оценивать себестоимость производства автомобиля и оптимизировать технологические процессы. Это обучение "инженерной экономике" — важному навыку для работы в промышленности.

5.3.2 S.3.2 — [FS] Formula Student: Полный Cost Report

[FS] Formula Student

Процедура:

- Команда заполняет таблицы Cost Tables (стандартные таблицы FSG/FSUK) для каждой детали автомобиля:
 - Материалы (болт M8 = \$0.20, труба 30×1.5 = \$15/метр).
 - Процессы (сварка = \$10/час, фрезеровка = \$25/час).
- Судьи проверяют смету на ошибки (неправильный расчёт веса детали, неверная цена процесса).
- Штраф: **-10 баллов** за каждую ошибку (или за отсутствие обоснования).

Дополнительно: Команда проходит **Real Case Scenario** — судьи задают вопрос типа: "Как вы снизите себестоимость на 20%, если заказчик требует серию 1000 штук?"

Баллы: Максимум 100 очков.

5.3.3 S.3.3 — [FR-Rapid]: Simplified Cost Report

[FR-Rapid] Future Race

Упрощённая модель (по образцу FSUK Concept Class):

Команда подаёт два документа:

1. Total Vehicle Budget (Общий бюджет автомобиля):

- Одна страница (Excel).
- Реальные затраты команды (сколько денег потрачено на закупку компонентов и услуги):
 - Двигатель/мотор + контроллер: \$XXX
 - Батарея (ячейки + BMS): \$XXX
 - Металл (трубы, листы): \$XXX
 - Услуги на стороне (лазерная резка, сварка): \$XXX
 - Колёса, тормоза, электроника: \$XXX
- Итоговая сумма (Target: уложиться в \$3000 для класса [FR-Rapid]).

2. Detailed BOM for ONE System (Детальная карта одной системы):

- Команда выбирает одну систему автомобиля (например: **Рулевое управление** или **Рама**).
- Для этой системы делается полная технологическая карта:
 - Список всех деталей (с чертежами).
 - Материалы и их стоимость.
 - Процессы (резка, сварка, покраска) и время на каждый.
 - Общая себестоимость системы.

Цель: Научить считать сварные швы и время резки, но не заставлять делать это для всей машины.

Защита (10 минут): Команда презентует свой бюджет. Судьи задают вопросы: "Почему вы купили контроллер за \$200? Есть ли дешевле?" "Сколько времени занимает сварка рамы?"

Баллы: Максимум 75 очков.

5.3.4 S.3.4 — [SEM]: Cost Event Отсутствует

[SEM] Eco-Marathon

Для класса [SEM] отдельная дисциплина Cost Event не проводится. Экономичность решений оценивается внутри дисциплины **Technical & Eco-Design** (S.2.2.3).

Судьи учитывают:

- Использование дешёвых/переработанных материалов.
- Простоту производства (меньше сложных деталей = меньше стоимость).

5.4 S.4 — Business Plan Presentation

5.4.1 S.4.1 — Цель Дисциплины

Business Plan Presentation проверяет умение команды презентовать свой проект как коммерческий продукт. Студенты учатся:

- Искать спонсоров и инвесторов.
- Обосновывать рыночную нишу (кому нужна такая машина?).
- Считать экономику проекта (себестоимость, цена, прибыль).

5.4.2 S.4.2 — [FS] Formula Student: Серийное Производство

[FS] Formula Student

Сценарий: Команда — это стартап. Они должны продать **1000 автомобилей в год** любительским гонщикам (*weekend racers*), которые ездят на трек-дни.

Процедура:

- Презентация (10 минут): Команда презентует бизнес-план инвесторам (судьям).
- Вопросы (5 минут): Судьи задают жёсткие вопросы:
 - "Как вы снизите себестоимость с \$30,000 (прототип) до \$20,000 (серия)?"
 - "Кто ваши конкуренты? (Caterham, Ariel Atom, ВАС Mono)"
 - "Как вы продадите 1000 штук? Где ваш рынок сбыта?"

Критерии оценки:

- Рыночный анализ (знание конкурентов, целевой аудитории).
- Финансовая модель (себестоимость, цена, маржа).
- Реалистичность плана (можно ли реально произвести 1000 машин?).

Баллы: Максимум 75 очков.

5.4.3 S.4.3 — [FR-Rapid]: Прокат / Автошкола

[FR-Rapid] Future Race

Сценарий: Команда продаёт партию из **10-20 автомобилей** картодромам, автошколам или организаторам любительских гонок. Машина дешёвая, простая, "неубиваемая" — идеальна для обучения пилотов.

Процедура:

- Презентация (10 минут): Команда презентует бизнес-план владельцу картодрома (судье):
 - Почему ваша машина лучше картов? (Безопаснее, быстрее, престижнее).
 - Сколько стоит одна машина? (Target: \$5,000-8,000).
 - Как её обслуживать? (Простота ремонта, доступность запчастей).
- Вопросы (5 минут): Судьи играют роль заказчика:
 - "У меня уже есть 20 картов за \$3,000 каждый. Почему я должен купить вашу машину за \$7,000?"
 - "Сколько времени занимает замена батареи?"
 - "Где я буду покупать запчасти через 5 лет?"

Критерии оценки:

- Понимание рынка (знание конкурентов: карты, электроскутеры).
- Ценообразование (реалистична ли цена \$7,000 для машины весом 130 кг?).
- Сервисная поддержка (как команда обеспечит запчасти и ремонт).

Баллы: Максимум 75 очков.

5.4.4 S.4.4 — [SEM]: Communication & Outreach

[SEM] Eco-Marathon

Сценарий: Команда — это эко-стартап. Они разрабатывают прототип для:

- Курьерской доставки в центре города (*last-mile delivery*).
- Шерингового транспорта в парковых зонах.
- Экологичного такси для туристических зон.

Процедура:

- Презентация (10 минут): Команда презентует идею инвесторам или городской администрации:
 - Почему ваша машина экологична? (Низкое потребление энергии, переработанные материалы).
 - Кто будет её использовать? (Курьеры, туристы, студенты).
 - Как вы продвигаете идеи экологии? (Социальные сети, выставки, образовательные проекты).
- Вопросы (5 минут).

Критерии оценки:

- Экологическая миссия (40%).
- Рыночная ниша (30%).
- Коммуникация и продвижение (30%).

Баллы: Максимум 50 очков.

5.5 S.5 — Сводная Таблица Статических Дисциплин

Дисциплина	[FS]	[FR-Rapid]	[SEM]
Engineering Design	150 pts. Формат: Pit Walk (Q&A). Report: 8 стр.	150 pts. Формат: Презентация + Осмотр. Report: 4 стр.	100 pts (Tech+Eco). Формат: Презентация.
Cost Event	100 pts. Полный отчёт FSG (все детали).	75 pts. Смета реальных затрат + Детальная карта 1 системы.	Нет (включено в Design как экономичность).
Business Plan	75 pts. Сценарий: Серийное пр-во (1000 шт/год).	75 pts. Сценарий: Прокат/Автошкола (малая серия).	50 pts. Сценарий: Эко-стартап / Урбанистика.
Язык	Английский (рекомендуется)	Русский (Англ. термины обязательны)	Русский / Английский
Итого Static	325 баллов	300 баллов	150 баллов

Table 5.2: Сводная таблица статических дисциплин по классам

5.6 S.6 — Судейство Static Events

5.6.1 S.6.1 — Квалификация Судей

S.6.1.1 Судейство Static Events осуществляется экспертами из автомобильной промышленности, автоспорта и академической среды.

S.6.1.2 Требования к судьям:

Главный судья (Lead Judge) дисциплины:

- Профессиональный инженер из индустрии (автомобилестроение, аэрокосмическая промышленность, автоспорт) с опытом 5+ лет.
- ИЛИ профессор/доцент с опытом работы в автоспорте или промышленности.

Линейные судьи (Panel Members):

- Инженеры предприятий.
- Преподаватели ВУЗов (PhD, доценты).
- Alumni (выпускники серии Formula Student/Future Race) — бывшие участники, знающие правила наизусть.

S.6.1.3 Конфликт интересов: Преподаватель ВУЗа **не имеет права** судить команду своего ВУЗа. Это должно быть строго соблюдено.

5.6.2 S.6.2 — Формирование Судейских Панелей

S.6.2.1 Для каждой дисциплины формируется панель из 3-4 судей.

S.6.2.2 Рекомендуемый состав панели:

- 1 Lead Judge (главный судья, задаёт тон).
- 2-3 Panel Members (линейные судьи, задают вопросы, ставят оценки).

S.6.2.3 Все судьи должны иметь доступ к документам команды (Design Report, Cost Report, Business Plan) за 1 неделю до соревнований для предварительного изучения.

5.7 S.7 — Специальные Награды (Special Awards)

5.7.1 S.7.1 — Technical Innovation Award

S.7.1.1 Описание: Награда вручается команде (любого класса), продемонстрировавшей наиболее оригинальное техническое решение.

S.7.1.2 Статус: Off-Track Award (внезачётная награда). Не даёт очков в общий чемпионат, но даёт кубок, диплом и признание.

S.7.1.3 Критерии оценки:

- **Novelty (Новизна):** Решение не является стандартным (купленным в магазине).
- **Implementation (Реализация):** Оно реально работает на машине, а не просто на бумаге.
- **Impact (Эффект):** Решение даёт измеримое преимущество (снижение веса, повышение эффективности, улучшение безопасности).

S.7.1.4 Процедура подачи заявки:

- Заявка добровольная. Команда подаёт описание инновации (1 страница A4) вместе с Design Report.
- Описание должно содержать: название решения, проблема (что оно решает), реализация (как оно работает), результаты (измерения, тесты).

S.7.1.5 Примеры инноваций:

- Телеметрия на LoRaWAN (дальность 2 км, стоимость \$20).
- Активная аэродинамика (подвижное заднее крыло, управляемое сервоприводом).
- Рекуперативное торможение с энергией, возвращаемой в батарею.
- Композитный краш-бокс собственного производства (вместо покупного Imraxx).

5.7.2 S.7.2 — Best Rookie Team (Лучшая Команда-Новичок)

S.7.2.1 Награда вручается команде, участвующей в соревнованиях впервые, и показавшей лучший результат среди новичков.

S.7.2.2 Критерии: Сумма баллов Static + Dynamic.

S.7.2.3 Статус: Внезачётная награда (не входит в общий зачёт класса).

5.7.3 S.7.3 — Spirit Award (Приз за Командный Дух)

S.7.3.1 Награда вручается команде, продемонстрировавшей выдающийся командный дух, взаимопомощь другим командам и позитивное отношение к соревнованиям.

S.7.3.2 Голосование: Проводится среди всех команд-участниц (каждая команда голосует за одну команду, кроме себя).

S.7.3.3 Статус: Внезачётная награда.

Конец Раздела S — Статические Дисциплины

Chapter 6

IN — Technical Inspections

Техническая инспекция — обязательная процедура проверки соответствия автомобиля требованиям регламента. Автомобиль, не прошедший инспекцию, не допускается к динамическим заездам.

6.1 IN.1 — Общие Положения

6.1.1 IN.1.1 — Обязательность Инспекции

IN.1.1.1 Все автомобили должны пройти техническую инспекцию перед допуском к динамическим дисциплинам.

IN.1.1.2 Инспекция проводится в несколько этапов:

- **Mechanical Inspection** — проверка рамы, тормозов, подвески, безопасности (все классы).
- **Electrical Inspection** — проверка высоковольтной системы (только для EV).
- **Tilt Test** — проверка устойчивости к опрокидыванию (все классы).
- **Brake Test** — проверка эффективности тормозной системы (все классы).
- **Noise Test** — проверка уровня шума (только для ICE).

IN.1.1.3 Команда может подать автомобиль на инспекцию только после прохождения всех предыдущих этапов.

IN.1.1.4 Если автомобиль не проходит инспекцию, команда имеет право устранить замечания и пройти повторную инспекцию (Re-Inspection).

6.1.2 IN.1.2 — Документы для Инспекции

IN.1.2.1 Команда обязана предоставить судьям следующие документы:

- SES (Structural Equivalency Spreadsheet) — утверждённая версия.
- IAD (Impact Attenuator Data) — если используется нестандартный Crash Box.
- EV ONLY: ESF (Electrical System Form) — схема высоковольтной системы.

- Паспорта/удостоверения пилотов (для проверки возраста и личности).

IN.1.2.2 Документы должны быть в печатном виде (на бумаге) или на планшете/ноутбуке (для быстрого доступа судей).

6.1.3 IN.1.3 — Работа с Автомобилем Во Время Инспекции

IN.1.3.1 Во время инспекции запрещено:

- Запускать двигатель/мотор (кроме Brake Test и Noise Test).
- Проводить ремонтные работы в зоне инспекции.
- Заправлять автомобиль топливом (ICE) или подключать зарядное устройство (EV).

IN.1.3.2 Команда должна обеспечить свободный доступ судей ко всем частям автомобиля (снять обтекатели, открыть батарейный отсек и т.д.).

6.1.4 IN.1.4 — Повторная Инспекция (Re-Inspection)

IN.1.4.1 Если автомобиль не проходит инспекцию, судья выдаёт команде **Inspection Sheet** (лист замечаний) с указанием проблем.

IN.1.4.2 Команда обязана устранить все замечания и подать автомобиль на повторную инспекцию.

IN.1.4.3 Количество попыток инспекции не ограничено, но команда теряет время (может не успеть на динамические заезды).

IN.1.4.4 Если команда вносит изменения в конструкцию после прохождения инспекции (например, заменяет тормозной диск), автомобиль должен пройти инспекцию заново.

6.2 IN.2 — Mechanical Inspection

6.2.1 IN.2.1 — Цель Проверки

Механическая инспекция проверяет соответствие автомобиля техническим требованиям раздела Т (Technical Requirements):

- Безопасность конструкции (рама, Main Hoop, Crash Box).
- Подвеска, рулевое управление, тормозная система.
- Экипировка пилота (шлем, комбинезон, огнетушитель).

6.2.2 IN.2.2 — Процедура Проверки

IN.2.2.1 Команда подаёт автомобиль в зону Mechanical Inspection.

IN.2.2.2 Судья проверяет автомобиль по чек-листу (см. Appendix E):

1. Chassis & Frame (Рама)

- Main Hoop: высота минимум 600 мм над сиденьем пилота (для [FS]/[FR]).
- Front Hoop: высота минимум 300 мм над педалями.
- Roll Hoop Bracing: угол не более 30° от вертикали.
- Трубы: материал Ст20 (или эквивалент), толщина 1.5 мм (Main Hoop), 1.2 мм (остальные).
- Сварные швы: без трещин, без прожогов, равномерные.

2. Crash Box (Impact Attenuator)

- Размер минимум 200×200×200 мм.
- Установлен перед передней переборкой (Front Bulkhead).
- AIP (Anti-Intrusion Plate): сталь 1.5 мм или алюминий 4 мм.
- Крепление: 4× болты М8, класс прочности 8.8.
- Если нестандартный IA — проверить IAD (Impact Attenuator Data).

3. Side Impact Structure

- Три трубы между Main Hoop и Front Hoop.
- Высота минимум 300 мм над нижней точкой шасси.
- Материал: Ст20, толщина 1.2 мм.

4. Cockpit (Кокпит)

- Пилот может свободно войти/выйти за 5 секунд (с пристёгнутыми ремнями).
- Рулевое колесо съёмное (Quick Release).
- Ремни безопасности: минимум 5 точек крепления, стандарт FIA/SFI (для [FS]) или автомобильные 3-точечные (для [FR]/[SEM]).
- Сиденье: жёстко закреплено, не прогибается под весом пилота.
- Head Restraint (подголовник): обязателен для всех классов.

5. Suspension (Подвеска)

- Ход подвески: минимум 50 мм (25 мм вверх, 25 мм вниз).
- Амортизаторы: установлены, работают (нет утечек масла).
- Крепления: болты затянуты, законтрены (самоконтрящиеся гайки или Loctite).

6. Steering (Рулевое Управление)

- Люфт не более 7° (измеряется на руле).
- Тяги рулевые: металлические (не пластик), без трещин.
- Рулевая рейка жёстко закреплена к раме.
- Steering stops (ограничители): установлены (колёса не бьют по раме при полном выворачивании).

7. Brakes (Тормоза)

FS : Двухконтурная система (Dual Circuit). Если один контур откажет, второй блокирует минимум два колеса на разных осях.

FR-Rapid : Одноконтурная допускается (Single Circuit).

- Педаль тормоза: не проваливается в пол при нажатии.
- Тормозная жидкость: уровень в норме, без утечек.
- Тормозные диски: минимальный диаметр 160 мм (для колёс 13").

8. Wheels & Tires (Колёса и Шины)

- Крепление колёс: гайки затянуты, законтрены (шплинт или Loctite).
- Шины: без порезов, без грыж, протектор минимум 2.4 мм (для дождевых).
- Давление: проверяется манометром (рекомендуется 1.5–2.0 бар).

9. Bodywork (Обтекатели)

- Все острые края закруглены (радиус минимум 3 мм спереди, 1 мм сбоку).
- Обтекатели жёстко закреплены (не болтаются).
- Нет отверстий в днище кокпита (Floor Closeout обязателен).

10. Fire Extinguisher (Огнетушитель)

FS /[FR]: Обязателен. Минимум 1 кг порошка (ABC) или 2 кг СО.

- Расположение: в кокпите, доступен пилоту.
- Крепление: металлический хомут, не болтается.
- Маркировка: срок годности действителен.

11. Driver Equipment (Экипировка Пилота)

- **Шлем:**

FS : Snell SA2015 или новее, FIA 8860-2010 или новее.

FR : ECE 22.05/22.06, любой Snell, DOT.

SEM : Любой сертифицированный (мотоциклетный или велосипедный).

- Состояние: без трещин, без повреждений, не старше 10 лет.
- **Комбинезон:**
 - FS : FIA 8856-2000 или SFI 3.2A/1 (огнестойкий Nomex).
 - FR : Одежда из хлопка (длинные рукава, длинные брюки).
 - SEM : Обычная одежда.
- **Обувь:** Закрытая (кроссовки, ботинки). Запрещены шлёпанцы, сандалии.
- **Перчатки:** Рекомендуются (для [FS] — огнестойкие обязательны).

12. Numbers & Markings (Номера и Маркировка)

- Стартовый номер: видим спереди, сзади, по бокам.
- Высота цифр: минимум 150 мм (для [FS]/[FR]), 100 мм (для [SEM]).
- Логотип ВУЗа: присутствует (минимум 50×50 мм).
- Наклейки спонсоров: размещены (если предоставлены организаторами).

IN.2.2.3 Если все пункты выполнены, судья ставит печать/подпись в Inspection Sheet команды.

IN.2.2.4 Если есть замечания, судья указывает их в листе, команда устраняет проблемы и возвращается на Re-Inspection.

6.3 IN.3 — Electrical Inspection (EV ONLY)

6.3.1 IN.3.1 — Цель Проверки

Электрическая инспекция проверяет соответствие высоковольтной системы (Tractive System) требованиям раздела EV.

6.3.2 IN.3.2 — Процедура Проверки

IN.3.2.1 Команда подаёт автомобиль с выключенной TS (TSMS в положении OFF, HVD извлечён).

IN.3.2.2 Судья проверяет автомобиль по чек-листу:

1. TSAC (Tractive System Accumulator Container)

- Корпус: металлический (сталь или алюминий), толщина минимум 1 мм.
- Крепление к раме: выдерживает 20g (проверяется расчётом или визуально — минимум 4 болта M8).
- Вентиляция: отверстия для отвода газов (на случай термического разгона).
- Maintenance Plug: установлен, позволяет разъединить сегменты батареи.

2. BMS (Battery Management System)

- Установлена, подключена ко всем ячейкам.
- Функции: контроль напряжения каждой ячейки, контроль температуры, отключение при перегреве/перенапряжении.

FS : Заводская BMS (Orion, Elithion, EV-Power).

FR-Rapid : Допускается самодельная BMS (Arduino + ADS1115), но должна работать.

3. HVD (High Voltage Disconnect)

- Разъём или ручка, разрывающая цепь TS.
- Расположение: доступен снаружи (не требуется открывать капот).
- Маркировка: красная ручка/наклейка "HVD".

4. TSMS (Tractive System Master Switch)

- Красная кнопка/ручка в кокпите (доступна пилоту).
- При нажатии/повороте отключает всю TS.
- Lockout/Tagout: можно зафиксировать в положении OFF (например, замком).

5. TSAL (Tractive System Active Light)

- Красный светодиод высокой яркости (видим на 4 метра при дневном свете).
- Расположение: на задней части автомобиля (видимость для маршалов и других команд).
- Логика работы:
 - TS активна (HVD подключён, TSMS ON) → TSAL горит постоянно.
 - TS деактивируется (TSMS OFF или HVD извлечён) → TSAL гаснет через 5 секунд (разряд конденсаторов).

6. IMD (Insulation Monitoring Device)

FS : Обязателен заводской IMD (Bender, IRD).

FR-Rapid : Допускается самодельный IMD (резистивный делитель).

- Проверка: судья измеряет сопротивление изоляции между TS+ и шасси, TS и шасси (должно быть >100 Ом/В).
- Индикация: IMD должен показывать статус (OK / FAULT).

7. High Voltage Wiring (Проводка ВВ)

- Цвет: оранжевый (провод или гофра).
- Сечение: соответствует току (1 мм² на 3А для медного кабеля).
- Изоляция: минимум 1000V.
- Крепление: каждые 200 мм (кабельные стяжки, хомуты).
- Защита: провода не проходят через острые края, не трутся о металл.

8. HV Connectors (Разъёмы ВВ)

- Тип:

FS : Anderson PP45 (>100A), XT90 (до 100A).

FR-Rapid : AMASS XT60/XT90 допускаются.

- Защита: без оголённых контактов (touch-proof).
- Маркировка: красная изолента или наклейка "HV".

9. Fuses & Circuit Breakers (Предохранители)

- Каждая линия TS защищена предохранителем или автоматом.
- Номинал: 150% от максимального тока линии.
- Главный предохранитель: на выходе из батареи (до инвертора).

10. Shutdown Circuit (Цепь Аварийного Отключения)

- Shutdown Buttons: минимум 2 красные кнопки (одна в кокпите, одна снаружи — доступна маршалам).
- При нажатии любой кнопки → TS отключается (разрывается контактор).

IN.3.2.3 После визуального осмотра судья просит команду активировать TS:

1. Команда подключает HVD.
2. Команда нажимает TSMS (переводит в положение ON).
3. Судья проверяет:
 - TSAL загорелся (красный свет).
 - IMD показывает ОК (изоляция в норме).
 - Мотор HE вращается (газ не нажат, Ready-to-Drive ещё не активирован).
4. Команда нажимает Start Button (активация Ready-to-Drive).
5. Судья проверяет:
 - Ready-to-Drive Sound (R2DS) звучит (пищалка или зуммер, минимум 80 дБ, минимум 1 секунда).
 - Мотор готов к работе (но не вращается, пока не нажат газ).
6. Судья просит команду нажать Shutdown Button (кнопку аварийного отключения).
7. Судья проверяет:
 - TS отключается (TSAL гаснет через 5 секунд).
 - Мотор не вращается.

IN.3.2.4 Если все пункты выполнены, судья ставит печать/подпись в Inspection Sheet.

IN.3.2.5 Типичные причины провала Electrical Inspection:

- TSAL не горит или горит тускло (не видим на 4 метра).
- IMD показывает FAULT (изоляция пробита, сопротивление <100 Ом/В).
- HVD отсутствует или находится внутри кокпита (должен быть снаружи).
- Оранжевая проводка отсутствует (провода TS не маркированы).
- Shutdown Button не работает (TS не отключается при нажатии).

6.4 IN.4 — Tilt Test

6.4.1 IN.4.1 — Цель Теста

Tilt Test проверяет устойчивость автомобиля к опрокидыванию. Автомобиль должен выдерживать наклон на 60° без переворачивания.

6.4.2 IN.4.2 — Процедура Теста

IN.4.2.1 Команда подаёт автомобиль с пилотом внутри (пилот пристёгнут ремнями, в шлеме).

IN.4.2.2 Автомобиль устанавливается на специальную платформу (Tilt Table), которая может наклоняться.

IN.4.2.3 Платформа медленно наклоняется (примерно 5° /секунду) до угла 60° .

IN.4.2.4 Автомобиль считается прошедшим тест, если:

- Не опрокидывается (все четыре колеса остаются на платформе).
- Пилот не паникует (может свободно дышать, не давит ремнями).

IN.4.2.5 Если автомобиль начинает опрокидываться (два колеса отрываются от платформы), платформа немедленно возвращается в горизонтальное положение.

IN.4.2.6 Команда может пересмотреть распределение веса (переместить батарею ниже, изменить балласт) и повторить тест.

6.4.3 IN.4.3 — Особенности для Разных Классов

[FS] Formula Student

[FS] Formula Student:

- Угол наклона: 60° (стандарт FSG/FSUK).
- Центр тяжести: обычно низкий (батарея внизу, пилот сидит почти на полу).
- Типичная проблема: узкая колея (если колея <1200 мм, риск опрокидывания выше).

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Future Race:

- Угол наклона: 60° (как в [FS]).
- Центр тяжести: может быть выше (если батарея установлена за спиной пилота, а не под полом).
- Рекомендация: балласт на дно (свинцовые пластины, чтобы снизить ЦТ).

[SEM] Eco-Marathon**[SEM] Eco-Marathon:**

- Угол наклона: 45° (менее строгий, т.к. машины с закрытым кузовом более устойчивы).
- Центр тяжести: обычно очень низкий (батарея под полом, обтекаемый кузов).
- Типичная проблема: трёхколёсные машины (если одно колесо сзади, риск опрокидывания вбок выше).

6.5 IN.5 — Brake Test

6.5.1 IN.5.1 — Цель Теста

Brake Test проверяет эффективность тормозной системы. Автомобиль должен полностью заблокировать все колёса на сухом асфальте.

6.5.2 IN.5.2 — Процедура Теста

IN.5.2.1 Команда подаёт автомобиль с пилотом внутри (пилот пристёгнут, в шлеме).

IN.5.2.2 Автомобиль стоит на месте (двигатель/мотор выключен, передача нейтральная).

IN.5.2.3 Пилот нажимает педаль тормоза до упора (максимальное усилие).

IN.5.2.4 Два маршала пытаются толкнуть автомобиль вперёд (прикладывают силу к задней части рамы).

IN.5.2.5 Автомобиль считается прошедшим тест, если:

- Все четыре колеса заблокированы (не вращаются).
- Автомобиль не сдвигается с места (или сдвигается не более чем на 50 мм — допускается деформация шин).

IN.5.2.6 Для автомобилей с двухконтурной тормозной системой ([FS]) проводится дополнительная проверка:

- Судья отключает один контур (пережимает тормозной шланг или отсоединяет трубку).
- Пилот нажимает педаль тормоза до упора.
- Минимум два колеса (на разных осях) должны заблокироваться.

6.5.3 IN.5.3 — Динамический Brake Test (Опционально)

IN.5.3.1 [SEM] ONLY: Для автомобилей класса [SEM] проводится динамический Brake Test на трассе:

- Автомобиль разгоняется до 20 км/ч.
- Пилот нажимает тормоз до упора.
- Автомобиль должен остановиться в пределах 10 метров.

IN.5.3.2 Для автомобилей с регенеративным торможением (Regenerative Braking):

- Регенеративное торможение допускается, если оно может обеспечить замедление минимум 3 м/с^2 .
- Если регенеративное торможение недостаточно, обязательны механические тормоза (дисковые или барабанные).

6.6 IN.6 — Noise Test (CV ONLY)

6.6.1 IN.6.1 — Цель Теста

Noise Test проверяет уровень шума выхлопной системы автомобилей с ДВС (Combustion Vehicles). Максимальный уровень шума — 110 дБ на расстоянии 0.5 м от выхлопной трубы.

6.6.2 IN.6.2 — Процедура Теста

IN.6.2.1 Команда подаёт автомобиль с заглушённым двигателем.

IN.6.2.2 Судья устанавливает шумомер на расстоянии 0.5 м от среза выхлопной трубы (под углом 45° к оси трубы).

IN.6.2.3 Команда запускает двигатель и удерживает обороты на уровне максимальной мощности (обычно 8000–10000 RPM для мотоциклетных двигателей).

IN.6.2.4 Судья фиксирует максимальный уровень шума (dB(A) — взвешенный по шкале A).

IN.6.2.5 Автомобиль считается прошедшим тест, если уровень шума не превышает 110 дБ.

IN.6.2.6 Если уровень шума превышает 110 дБ, команда должна:

- Установить дополнительный глушитель (резонатор).
- Удлинить выхлопную трубу (увеличение длины снижает шум).
- Использовать звукопоглощающий материал (стекловата, базальтовое волокно) внутри глушителя.

6.6.3 IN.6.3 — Особенности

IN.6.3.1 Для автомобилей [SEM] с ДВС:

- Уровень шума обычно ниже (садовые двигатели, малолитражные моторы работают на низких оборотах).
- Максимальный уровень: 100 дБ (более строгий лимит для экологического класса).

IN.6.3.2 Noise Test не проводится для электромобилей (EV), т.к. они практически бесшумны.

6.7 IN.7 — Rain Test (Опционально)

6.7.1 IN.7.1 — Цель Теста

Rain Test проверяет водонепроницаемость высоковольтной системы электромобилей (EV ONLY). Тест обязателен для соревнований, где возможны дожди.

6.7.2 IN.7.2 — Процедура Теста

IN.7.2.1 Автомобиль устанавливается под душевую установку (симуляция дождя интенсивностью 5 мм/мин).

IN.7.2.2 TS активируется (TSMS ON, HVD подключён, TSAL горит).

IN.7.2.3 Автомобиль поливается водой в течение 5 минут.

IN.7.2.4 Судья проверяет:

- IMD не показывает FAULT (изоляция не пробита).
- TSAL продолжает гореть (система не отключилась).
- Внутри TSAC нет воды (проверяется после теста, открывается крышка).

IN.7.2.5 Если IMD показывает FAULT или внутри TSAC попала вода, команда должна:

- Улучшить герметизацию (силиконовый герметик, резиновые прокладки).
- Установить дренажные отверстия (для отвода конденсата).
- Использовать IP-rated разъёмы (IP65 или выше).

6.7.3 IN.7.3 — Особенности

IN.7.3.1 Rain Test не проводится для автомобилей [SEM] с закрытым кузовом (Urban Concept), т.к. вся электроника защищена обтекателем.

IN.7.3.2 Rain Test опционален для соревнований в сухом климате (Казахстан, Узбекистан), но рекомендуется для мероприятий в Европе (где дожди частые).

6.8 IN.8 — Egress Test

6.8.1 IN.8.1 — Цель Теста

Egress Test проверяет, может ли пилот быстро покинуть кокпит в случае аварии. Пилот должен выйти из автомобиля за 5 секунд (с пристёгнутыми ремнями).

6.8.2 IN.8.2 — Процедура Теста

IN.8.2.1 Пилот садится в кокпит, пристёгивается всеми ремнями (5-точечная система или 3-точечная).

IN.8.2.2 Рулевое колесо установлено на место (Quick Release защёлкнут).

IN.8.2.3 Судья даёт команду: "GO!"

IN.8.2.4 Пилот должен:

1. Отстегнуть ремни (одной рукой, нажав центральную пряжку).
2. Снять рулевое колесо (Quick Release).
3. Выйти из кокпита (обе ноги за пределами кокпита).

IN.8.2.5 Судья засекает время. Максимальное время — 5 секунд.

IN.8.2.6 Если пилот не укладывается в 5 секунд, команда должна:

- Расширить кокпит (срезать боковые панели, если они мешают).
- Изменить положение сиденья (выше/ниже, ближе к выходу).
- Использовать Quick Release с более быстрым механизмом (например, NRG или Sparco).

6.8.3 IN.8.3 — Особенности для Разных Классов

[FS] Formula Student

[FS] Formula Student:

- Лимит времени: 5 секунд (строгий стандарт FSG).
- Все пилоты команды должны пройти тест (не только основной).

[FR-Rapid] Future Race

[FR-Rapid] Future Race:

- Лимит времени: 7 секунд (менее строгий, т.к. кокпиты часто уже).
- Достаточно одного пилота (основного).

[SEM] Eco-Marathon**[SEM] Eco-Marathon:**

- Для автомобилей Urban Concept (закрытый кузов): лимит 10 секунд (т.к. есть двери/крышка).
- Для автомобилей Prototype (открытый кокпит): лимит 5 секунд.