

r49

Руководство пользователя

2013 г.

1 Получение r49. Состав дистрибутива

r49 является свободным программным обеспечением (ПО) и распространяется на условиях лицензии GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Version 3.

r49 использует:

- Open Source версию библиотеки Qt5, распространяемую (в том числе) на условиях лицензии GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Version 3. Для M\$ Windows необходимые для работы r49 компоненты Qt5 входят в состав дистрибутива, зависимости программы для обеспечения работы в системах, основанных на GNU/Linux — см. файл README.
- Моноширинные шрифты excalib.ttf и DejaVuSansMono.ttf.

Дополнительную информацию о программном комплексе r49 можно узнать на сайте <http://pa2311.blogspot.ru/p/r49.html>.

r49 может быть получен из следующих источников:

- <https://mega.co.nz/#F!d5HDQib!Ghl8-SMwEPYk0zEQCi83vA>
- <https://www.dropbox.com/sh/e2tlzpk79nglxed/G7decHLLcm>

По ссылкам доступны для скачивания: архив с исходными кодами, пакет для ОС Arch Linux и архив с бинарными файлами для систем M\$ Windows. Основные исполняемые файлы — **Qr49** (GUI), **cr49** (CLI).

2 Расчет удельных выбросов вредных веществ (ВВ) с отработавшими газами (ОГ) по циклу

2.1 Подготовка к испытаниям. Расчет точек цикла

Полученные в результате расчета точек цикла данные, удобно использовать при снятии цикла в ручном режиме, последовательно выставляя на стенде рассчитанные значения частот вращения коленчатого вала двигателя и его нагрузку. Однако, основное предназначение данного расчета — получить заготовку исходных данных для расчета выбросов ВВ, включая режимы работы двигателя, затраты мощности на привод вентилятора и весовые коэффициенты для каждого режима.

Для выполнения расчета необходимо:

1. Установить параметр «Задание на расчет» в значение «Точки цикла»;
2. Выбрать необходимый стандарт и, если доступно, необходимость расчета дополнительных точек цикла;
3. Занести исходные данные в таблицу;
4. Нажать на кнопку панели инструментов «Выполнить» или выбрать пункт «Выполнить» меню «Расчет». Данное действие также доступно по «горячей» клавише «F9».

После активации расчета любым из вышеперечисленных способов и отсутствия ошибок, файл-заготовка с рассчитанными точками цикла будет загружен в таблицу «Расчет удельных выбросов».

2.2 Обработка результатов испытаний. Расчет удельных выбросов ВВ

Убедитесь, что параметр «Задание на расчет» установлен в значение «Удельные выбросы». Данные, полученные в ходе испытаний, заносятся в таблицу «Расчет удельных выбросов» Qr49. В колонки значений оборотов двигателя и крутящего момента (или мощности) также заносятся реальные значения, полученные в ходе испытаний. Логика расчета и формирования отчета базируется как на настройках параметров расчета, доступных с помощью элементов управления панели «Параметры расчета», так и на анализе

введенных пользователем исходных данных. Ниже приведены описания с комментариями для данных, заносимых в таблицу «Расчет удельных выбросов» и описание параметров, получаемых в результате расчета.

Таблица 1 — Описание исходных данных для расчета вредных выбросов

Параметр	Описание	Комментарий
Point[-]	Точка цикла.	Приводится для удобства работы без GUI. В расчете нигде не используется.
n[мин-1]	Частота вращения коленчатого вала двигателя.	Необходимый параметр.
Me_b[Нм]	Эффективный крутящий момент двигателя брутто.	Необходимо указать либо крутящий момент, либо мощность. В случае, если программа обнаружит значения, отличные от нуля в обоих столбцах, мощность нетто будет рассчитываться через момент брутто.
Ne_b[кВт]	Эффективная мощность двигателя брутто.	
N_fan[кВт]	Мощность, затрачиваемая двигателем на привод вентилятора.	Используется в расчетах удельных выбросов на соответствие нормативам Евро-0..Евро-6.
w[-]	Весовой коэффициент для точки цикла.	Используется в расчетах удельных выбросов (Стандарт ≠ Свободный расчет).
t0[°C]	Температура окружающего воздуха.	Необходимый параметр.
P0[кПа]	Барометрическое давление.	Необходимый параметр.
Ra[%]	Относительная влажность воздуха.	Необходимый параметр.
dPn[ммН ₂ O]	Разрежение на измерительном сопле.	Необходимо указать либо разрежение на измерительном сопле, либо расход воздуха двигателем. В случае, если программа обнаружит значения, отличные от нуля в обоих
Gair[кг/ч]	Массовый расход воздуха.	

Параметр	Описание	Комментарий
		столбцах, в дальнейших расчетах будет использован расход воздуха двигателем. Если необходим расчет расхода воздуха по значениям разряжения на измерительном сопле, следует обнулить значения в столбце Gair и уточнить диаметр измерительного сопла посредством диалога «Общие параметры» (доступно в меню Файл).
Gfuel[кг/ч]	Массовый расход топлива.	Необходимый параметр.
C_NOx[ppm]	Концентрации оксидов азота в приведении к NO2 в отработавших газах.	Необходимо указать либо концентрации, либо удельные выбросы оксидов азота. В случае, если программа обнаружит значения, отличные от нуля в обоих столбцах, то, используя концентрации, произведет прямой расчет относительно оксидов азота (по точкам будут рассчитаны удельные выбросы).
gNOx[г/кВтч]	Удельный выброс оксидов азота.	
C_CO[ppm]	Концентрации монооксида углерода в ОГ.	Можно не указывать, если нет необходимости в оценке удельных выбросов монооксида углерода.
C_CH[ppm]	Концентрации углеводородов в приведении к CH _{1.85} .	Можно не указывать, если нет необходимости в оценке удельных выбросов углеводородов.
C_CO2in[%]	Концентрации диоксида углерода на входе в двигатель (впускной коллектор).	Если необходимо рассчитать степень РОГ, оба столбца должны быть заполнены. В противном случае, степень РОГ рассчитана не будет.
C_CO2out[%]	Концентрации диоксида углерода в отработавших газах.	
C_O2[%]	Концентрации кислорода в отработавших газах.	Если необходимо провести оценку корректности

Параметр	Описание	Комментарий
		замеров расхода воздуха путем сравнения коэффициентов избытка воздуха рассчитанных по расходу воздуха двигателем и концентрации кислорода на выхлопе, следует заполнить столбец зафиксированными с помощью газоанализатора значениями.
Ka[m-1]	Значения дымности ОГ.	Указанные значения дымности (приоритет по убыванию: FSN[-], Ka[m-1], Ka[%]) будут использованы для оценки удельного выброса ТЧ по циклу (вариант расчета по значениям дымности ОГ). При этом метод расчета gPT на панели параметров расчета не должен быть в значении «Нет».
Ka[%]	Значения дымности ОГ.	
FSN[-]	Значения дымности ОГ.	
Pr[кПа]	Противодавление на выхлопе (после турбины для наддувных двигателей).	Параметры, необходимые для расчета удельного выброса ТЧ по циклу (вариант расчета по значениям дымности ОГ). При этом метод расчета gPT на панели настроек расчета не должен быть в значении «Нет» и хотя бы один столбец со значениями дымности ОГ должен содержать значения, отличные от нуля.
ts[oC]	Температура пробы.	
tauf[c]	Время реакции фильтра.	Данный набор параметров необходим для расчета удельного выброса ТЧ (вариант расчета по массам ТЧ на фильтрах). Можно не указывать либо расход разбавляющего воздуха, либо коэффициент разбавления. В случае, если программа обнаружит значения, отличные от нуля
qmdw[г/с]	Массовый расход разбавляющего воздуха на влажной основе.	
qmdew[г/с]	Массовый расход разбавленных отработавших газов на влажной основе.	
rd[-]	Коэффициент	

Параметр	Описание	Комментарий
	разбавления.	в обоих столбцах, то в расчете будут использоваться значения расхода разбавляющего воздуха. При этом, метод расчета gPT на панели параметров расчета должен находиться в значении «Через массу РТ» и поле «Масса ТЧ» должно содержать полученное значение.

Таблица 2 — Описание параметров, получаемых в результате расчета вредных выбросов

Параметр	Описание
Ne_n[kW]	Эффективная мощность двигателя нетто.
Me_n[Nm]	Эффективный крутящий момент двигателя нетто.
alpha[-]	Коэффициент избытка воздуха.
alpha_O2[-]	Коэффициент избытка воздуха, рассчитанный по значениям концентрации кислорода в отработавших газах.
Gexh[kg/h]	Массовый расход влажных отработавших газов.
Gexhd[kg/h]	Массовый расход сухих отработавших газов.
Pb[kPa]	Барометрическое давление (B0).
Pa[kPa]	Давление насыщенных паров.
Ha[g/kg]	Абсолютная влажность воздуха.
Gaird[kg/h]	Массовый расход сухого воздуха.
Kw2[-]	Коэффициент, участвующий в расчете поправочного коэффициента при переходе из сухого состояния во влажное для первичных отработавших газов (R96).
Ffh[-]	Удельный топливный коэффициент, используемый для перерасчета влажных концентраций по сухим концентрациям водорода в углеродный коэффициент .
Kf[-]	Удельный коэффициент топлива для расчета влажного состояния по сухому состоянию.
Kwr[-]	Поправочный коэффициент при переходе из сухого состояния во влажное для первичных отработавших газов.

Параметр	Описание
Khd[-]	Поправочный коэффициент на влажность для NOx.
fa[-]	Лабораторный атмосферный коэффициент.
ge[g/kWh]	Удельный эффективный расход топлива брутто.
mNOx[g/h]	Массовый расход выбросов NOx.
mCO[g/h]	Массовый расход выбросов CO.
gCO[g/kWh]	Удельный выброс CO.
mCH[g/h]	Массовый расход выбросов CH.
gCH[g/kWh]	Удельный выброс CH.
ror[kg/m3]	Параметры, участвующие в расчете массового расхода выбросов «твердых» частиц (вариант расчета по значениям дымности ОГ).
CPT[mg/m3]	
mPT[g/h]	Массовый расход «твердых» частиц (вариант расчета по значениям дымности ОГ).
gPT[g/kWh]	Удельный выброс «твердых» частиц (вариант расчета по значениям дымности ОГ).
qmedf[kg/h]	Эквивалентный массовый расход разбавленных отработавших газов на влажной основе.
msepi[g]	Масса пробы разбавленных отработавших газов, прошедших через фильтры для отбора проб «твердых» частиц.
rEGR[%]	Степень рециркуляции отработавших газов.
alpha_res[-]	Коэффициент избытка воздуха с учетом рециркуляции отработавших газов.
diff_alpha[%]	Разница между коэффициентом избытка воздуха, рассчитанным по расходу воздуха и коэффициентом избытка воздуха, рассчитанным по значениям концентраций кислорода на выхлопе.

После внесения всех необходимых для расчета данных в таблицу «Расчет удельных выбросов» Qr49, необходимо произвести настройку расчета путем выбора требуемых параметров на панели «Параметры расчета».

Следует обратить внимание, что количество точек в таблице «Расчет удельных выбросов» должно совпадать с таковым для каждого цикла.

Для выполнения расчета необходимо нажать на кнопку панели инструментов «Выполнить» или выбрать пункт «Выполнить» меню «Расчет». Данное действие также доступно по «горячей» клавише «F9».

По завершению расчета в главном окне Qr49 на закладке «Отчеты» автоматически откроется отчет.

Следует обратить внимание, что если расчет удельных выбросов ТЧ проводился основываясь на массах, а не значениях дымности ОГ, то помимо основного отчета по результатам расчета создается дополнительный отчет по ТЧ, который можно найти в каталоге с результатами расчета.

Отчеты по результатам расчета, файлы конфигурации расчета, файл с отладочными данными, а также исходные данные, с которыми был проведен расчет автоматически сохраняются в соответствующем подкаталоге каталога Reports.

Полученный отчет можно сохранить в формате PDF или распечатать на принтере. Несмотря на то, что файлы отчетов представлены в текстовом виде, печать, тем не менее, рекомендуется производить из Qr49, т.к. настройки шрифта и страницы здесь уже оптимизированы под структуру отчета. Обе функции (печать и экспорт в PDF) доступны как на панели инструментов, так и в меню «Файл».

3 Использование режима «Свободный расчет»

В Qr49, для проведения расчетов без привязки к какому либо циклу испытаний, существует режим «Свободный расчет» (для работы в данном режиме параметр «Задание на расчет» должен быть установлен в значение «Удельные выбросы», а параметр «Стандарт» должен быть установлен в значение «Свободный расчет (без стандартов)»). Данный режим следует использовать при обработке результатов, полученных при снятии внешних скоростных, нагрузочных или регулировочных характеристик. Исходные данные при этом также заносятся в таблицу «Расчет удельных выбросов», а результаты расчета доступны в меню «Расчет» — «Отладочные данные» (окно с отладочными данными автоматически открывается по завершении расчета). Отчетов в режиме «Свободный расчет (без стандартов)» не создается (в каталог с результатами сохраняются только настройки расчета, исходные и отладочные данные).

Для манипуляций с количеством строк в таблице с исходными данными существуют пункты меню «Правка» — «Добавить строку» и «Удалить строку».

4 Дополнительные возможности Qr49

4.1 Манипуляции с данными в таблицах

Для работы с данными в таблицах Qr49 существуют следующие пункты меню «Правка»: Вырезать, Копировать, Вставить — для работы с буфером обмена; Прибавить, Умножить, Разделить, Равно — для модификации данных в выделенных ячейках; Добавить строку, Удалить строку — для изменения количества строк в таблицах «Расчет удельных выбросов» или «Внешняя скоростная характеристика».

4.2 Импорт данных из сторонних файлов

В Qr49 существует возможность импорта данных из файлов, получаемых в системах управления испытательными стендами, такими как, например, AVL Puma Open. Для того, чтобы загрузить в таблицу с исходными данными Qr49 содержимое подобных файлов, убедитесь что таблица назначения активна, запустите диалог импорта данных с помощью меню «Файл» — «Импорт данных» или соответствующей кнопкой на панели инструментов. Укажите, какой разделитель колонок использует файл с импортируемыми данными (tab в случае AVL Puma Open). Следующим шагом укажите расположение файла. После того, как вами будет указан файл с импортируемыми данными, в выпадающие списки диалогового окна «Импорт данных» будут загружены названия параметров Qr49 (список слева) и названия параметров из рассматриваемого файла (список справа). При изменении разделителя, а также смене файла с импортируемыми данными произойдет автоматическое обновление содержимого выпадающих списков диалогового окна. Перенос данных из файла в таблицу исходных данных Qr49 можно выполнять пошагово «параметр за параметром» путем установки соответствия между параметром Qr49 и параметром в файле с помощью выпадающих списков диалогового окна. Нажатие кнопки с символом «>>>» приводит к копированию значений выбранного параметра из файла в таблицу исходных данных Qr49. При этом, программа запоминает ваши действия и отображает их в виджете «Журнал». По завершению ручного импорта, произведенные действия (соответствие параметров Qr49 и параметров из файла с импортируемыми данными) можно сохранить в файл для использования в дальнейшем при автоматическом импорте (используется кнопка «>>>»). Сохранение производится с помощью кнопки с символом «С».

4.3 Работа с отчетами

С помощью соответствующих пунктов меню «Файл» или кнопок панели инструментов можно открыть ранее созданные программой отчеты, сохранить открытый отчет под другим именем, сохранить его в формате PDF или распечатать.

4.4 Параметры r49

Содержимое файла конфигурации r49 доступно для правки в Qr49 (меню «Файл» — «Общие параметры»).

4.5 Повторное проведение расчета

При необходимости повторного проведения расчета удобно воспользоваться следующим алгоритмом:

- загрузить исходные данные, с которыми был сделан расчет ранее (меню «Файл» — «Загрузить исходные данные»);
- загрузить настройки расчета, с которыми был сделан расчет ранее (меню «Файл» — «Загрузить настройки расчета»);
- внести необходимые коррективы в исходные данные и параметры расчета;
- произвести расчет.

4.6 Расчет приведенной мощности

Qr49 позволяет рассчитать мощность по внешней скоростной характеристике двигателя, согласно Правилам ЕЭК ООН №85. Для проведения данного расчета необходимо выбрать пункт «Приведенная мощность» выпадающего списка «Задание на расчет» на панели «Параметры расчета», заполнить поле ввода «Рабочий объем двигателя», заполнить таблицу «Внешняя скоростная характеристика» (Значение мощности, затрачиваемой на привод вентилятора достаточно указать только на точке, соответствующей максимальным оборотам коленчатого вала двигателя. Для остальных точек значения будут рассчитаны автоматически). Ниже приведены

описания данных, заносимых в таблицу «Внешняя скоростная характеристика» и данных, получаемых в результате расчета.

Таблица 3 — Описание исходных данных для расчета приведенной мощности

Параметр	Описание
Point[-]	Точка цикла.
n[мин-1]	Частота вращения коленчатого вала двигателя.
Me _b [Нм]	Крутящий момент двигателя брутто.
t ₀ [°C]	Температура окружающего воздуха.
B ₀ [кПа]	Барометрическое давление.
Ra[%]	Относительная влажность воздуха.
S[кПа]	Разрежение во впускном трубопроводе.
p _k [кПа]	Давление наддувочного воздуха.
G _{fuel} [кг/ч]	Массовый часовой расход топлива.
N _k [кВт]	Мощность, затрачиваемая на привод вспомогательных агрегатов.
N _{fan} [кВт]	Мощность, затрачиваемая на привод вентилятора.
t _c [°C]	Температура охлаждающей жидкости.
t _{oil} [°C]	Температура масла.
t _k [°C]	Температура наддувочного воздуха.
t _{ks} [°C]	Температура наддувочного воздуха после охладителя.
t _{fuel} [°C]	Температура топлива.
p _{ks} [кПа]	Давление наддувочного воздуха после охладителя.
G _{air} [кг/ч]	Массовый расход воздуха.

Таблица 4 — Описание параметров, получаемых в результате расчета приведенной мощности

Параметр	Описание
Ne _b [кВт]	Эффективная мощность двигателя брутто.
ge _b [г/кВт·ч]	Удельный эффективный расход топлива брутто.
q _{cs} [мг/сус.л]	Расход топлива с учетом поправки.
f _m [-]	Коэффициент, учитывающий характеристики двигателя.
p _a [кПа]	Давление водяных паров.
p _s [кПа]	Общее атмосферное давление сухого воздуха.

Параметр	Описание
fa[-]	Коэффициент, учитывающий атмосферные условия.
alphad[-]	Поправочный коэффициент мощности.
Ne_r[kW]	Приведенная мощность.
N_br[kW]	Измеренная мощность за вычетом потерь на привод вспомогательных агрегатов.
M_br[Nm]	Измеренный крутящий момент за вычетом потерь на привод вспомогательных агрегатов.
Ne_nr[kW]	Полезная приведенная мощность.
Me_nr[Nm]	Полезный приведенный крутящий момент.
ge_nr[g/kWh]	Полезный приведенный удельный эффективный расход топлива.

4.7 Дополнительные расчеты

В Qr49 существует возможность провести некоторые дополнительные расчеты:

- обороты A, B, C;
- массовый расход воздуха через значение разряжения на измерительном сопле;
- мощность, затрачиваемая двигателем на привод вентилятора;
- пересчета значений дымности ОГ из $[м^{-1}]$ в $[%]$ и обратно.

Эти расчеты доступны на панели расчетов.

5 Проведение расчетов без использования графического интерфейса

При использовании r49 в ОС без поддержки графического интерфейса пользователя (серверные варианты ОС на базе GNU/Linux или последние версии M\$ Windows Server) и/или скриптах при пакетной обработке данных, следует применять программу cr49, входящую в состав дистрибутива и предоставляющую интерфейс командной строки. Детали работы с cr49 смотрите во встроенной справке, выполнив в командной строке: `cr49 task=help`