

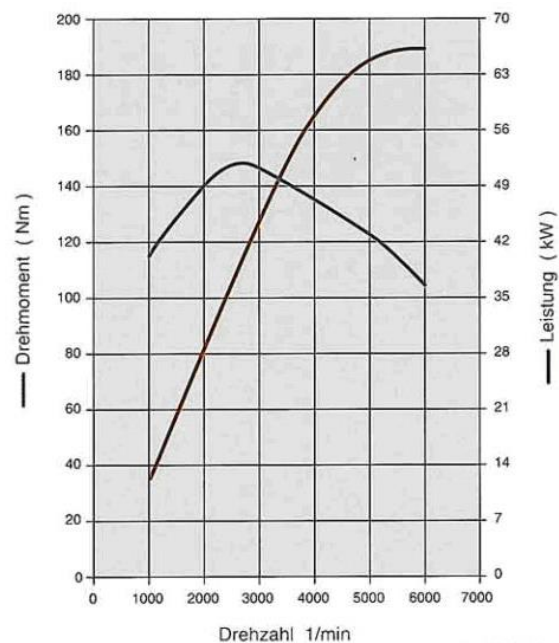
МЕТОДИКА АППРОКСИМАЦИИ ВНЕШНЕЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

(на примере двигателя Volkswagen ABS 1.8)

Шаг 1. Найти и скачать диаграмму внешней скоростной характеристики двигателя (ВСХД).

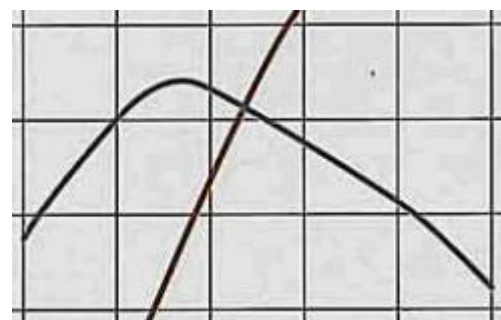
Выбранную модель двигателя согласовать со своим руководителем и преподавателем, ведущим ТМНТ. Рекомендуется выбирать двигатель автомобиля, к которому есть доступ.

Рекомендуемые источники: 1) технические сайты фирм; 2) сайт шведской фирмы Rototest (rri.se), раздел Graphs; 3) сайты тюнинговых фирм, например, Auto063, раздел «Полезная информация»; 4) руководство по эксплуатации автомобиля или двигателя в электронном или бумажном виде (ВСХД можно найти в руководствах для старых моделей).

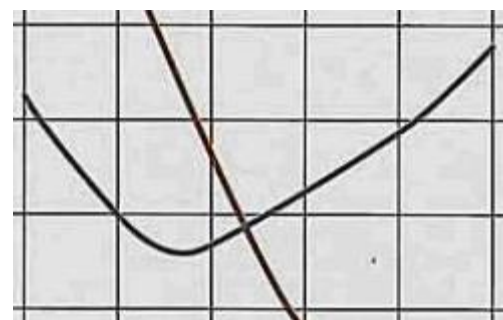


SSP 140/68

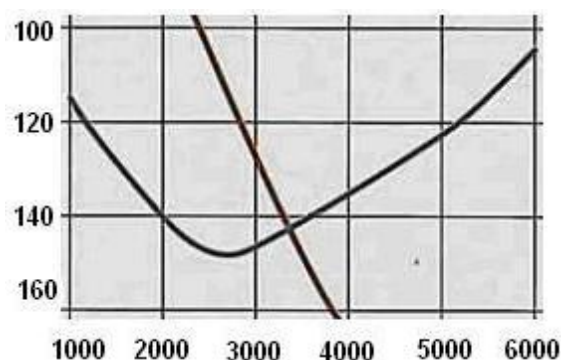
Шаг 2. Загрузить диаграмму ВСХД в программу просмотра изображений, например, IrfanView. Выделить нужный участок диаграммы, в закладке Edit щелкнуть Crop Selection



Шаг 3. Перевернуть изображение по вертикали, для чего в закладке Image щелкнуть VerticalFlip (это можно сделать в графическом редакторе Paint, если просмотр выполнялся в стандартной программе без такой функции)



Шаг 4. Перенести последнее изображение в графический редактор, например, Paint, щелкнуть опцию «Надпись» (иконка А), набрать числа, соответствующие значениям крутящего момента в Нм и частоты вращения коленвала в мин^{-1} , щелкнуть опцию «Выделение» (иконка с пунктирным прямоугольником), разместить числа возле соответствующих линий сетки.



Шаг 5. Открыть чистый лист Microsoft Excel, заготовить в нем шапку для будущей расчетной таблицы.

		по фактич. данным		по масштабу	
n pixels	M pixels	n, мин ⁻¹	M, Нм	n, мин ⁻¹	M, Нм

ВНИМАНИЕ! Описывается работа в Excel 2003; в других вариантах офиса вносить соответствующие коррективы.

Чтобы поднять «-1» в положение верхнего индекса, выделить эти два символа, щелкнуть «Формат», «Ячейка», в окне «Формат ячеек» поставить птичку в окошке «надстрочный». Щелкнуть ОК.

Шаг 6. Для продолжения работы удобно увеличить размер рисунка в Paint, для чего щелкнуть «Масштаб» (иконка «Лупа») и выбрать удобный масштаб, например, 200%.

Шаг 7. Щелкнуть иконку «Линия» (\), подвести перекрестие к точке пересечения графика момента с осью ординат (линия сетки 1000). Внизу появятся числа «74, 77». Это выраженные в пикселах координаты точки по осям X и Y. Занести эти числа в графы n pixels и M pixels (т.е. Обороты в пикселах и Момент в пикселах). Повторить эту операцию во всех характерных точках кривой (пересечения с линиями сетки, перегибы кривой, середины больших интервалов). В точках пересечения можно заполнять ячейки оборотов и момента по фактическим данным.

		по фактич. данным		по масштабу	
n pixels	M pixels	n, мин ⁻¹	M, Нм	n, мин ⁻¹	M, Нм
	41		100		100
74	76	1000		1000	114,7887
82	88		120	1171,674	119,8592
99	110			1536,481	129,1549
120	136	2000	140	1987,124	140,1408
154	155			2716,738	148,169
167	151	3000		2995,708	146,4789
195	136		140	3596,567	140,1408
214	125	4000		4004,292	135,493
239	109			4540,773	128,7324
261	95	5000		5012,876	122,8169
269	89		120	5184,549	120,2817
307	52	6000		6000	104,6479
	183		160		160
21,45923	0,422535				

Шаг 8. Вычислить масштабы по оси X (ячейка A17, формула “=(C15-C4)/(A15-A4)”) и Y (ячейка B17, формула “=(D16-D3)/(B16-B3)”).

Шаг 9. Вычислить значения частоты вращения и момента по масштабу. Формулы: для ячейки E4 (частота вращения): =(A4-\$A\$4)*\$A\$17+1000

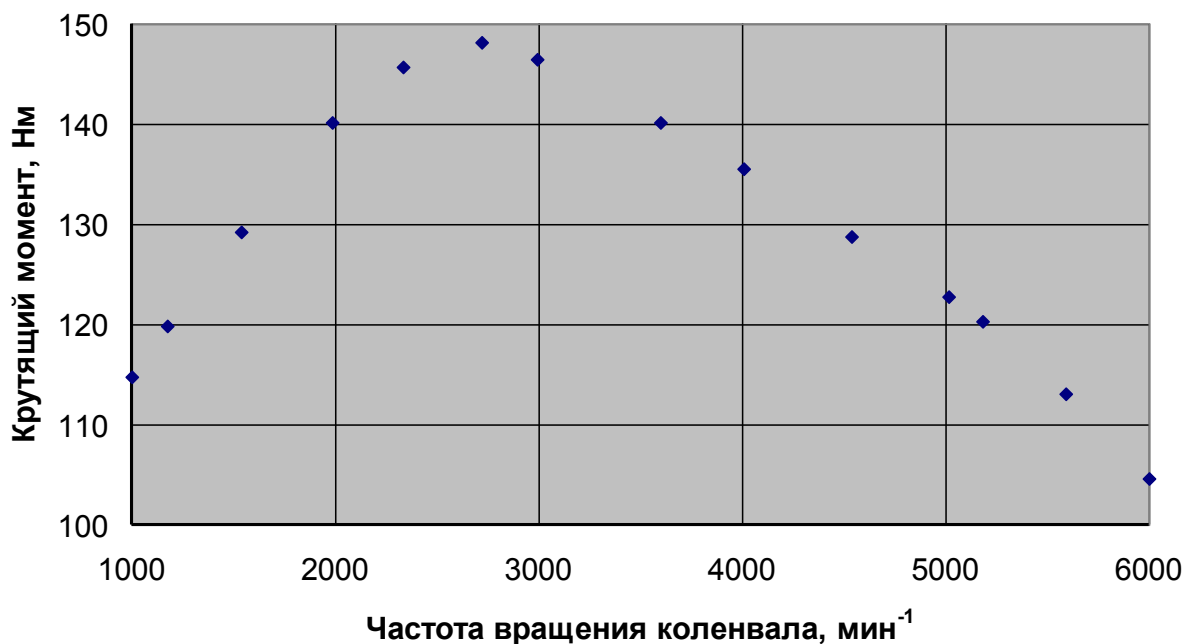
для ячейки F4 (крутящий момент): $= (B4 - \$B\$3) * \$B\$17 + 100$

Распространить формулы на остальные ячейки.

Шаг 10. Построить диаграмму $M(n)$, для чего выделить столбцы E и F от строки 4 до строки 15 и щелкнуть иконку мастера диаграмм. Выбрать тип диаграммы «Точечная» (остальные типы дают не зависимость Y от X , а зависимость Y от порядкового номера точки). Ввести заголовки осей, показать основные линии сетки по оси X . Убрать легенду, если она не нужна. Убрать рамку (правой кнопкой на чистом поле: Область диаграммы, Формат области диаграммы, Вид, Рамка невидимая). Чтобы поднять «-1» в положение верхнего индекса, выделить эти два символа, щелкнуть «Формат», «Выделенное название оси», в окне «Формат названия оси» поставить птичку в окошке «надстрочный». Щелкнуть ОК.

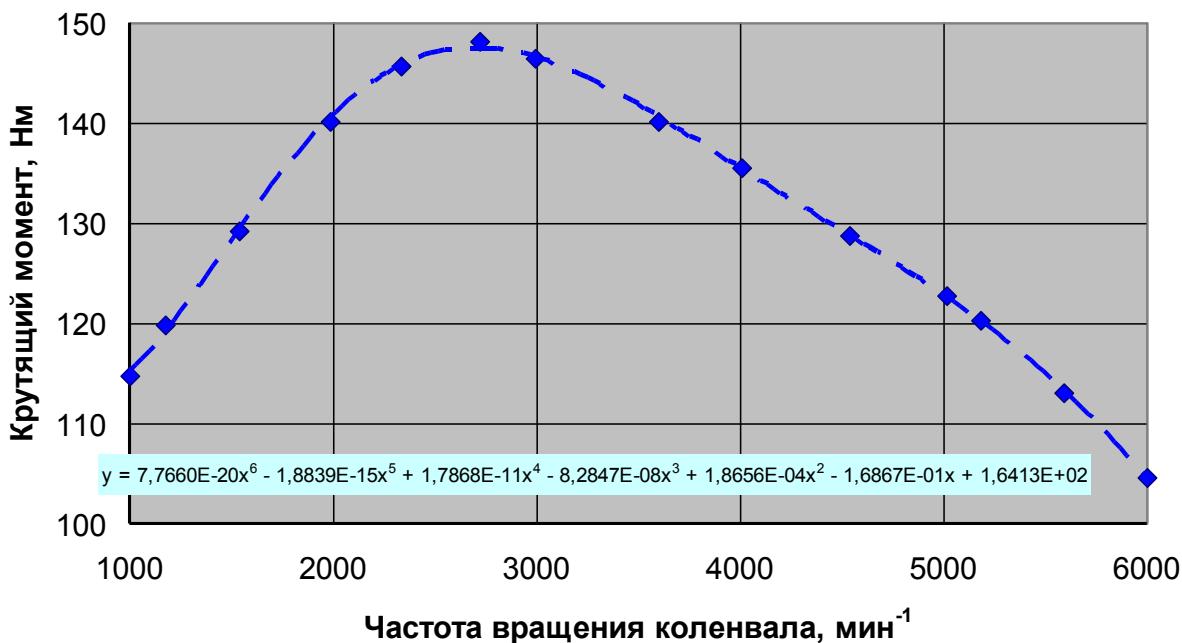


Шаг 11. Оформить оси по стандарту ЕСКД (правой кнопкой щелкнуть на оси, в окне «Формат оси» в поле «Основные» поставить птичку в окошке «Нет», отметить «толщина» вторая снизу. Ограничить шкалы так, чтобы не было пустых полей).



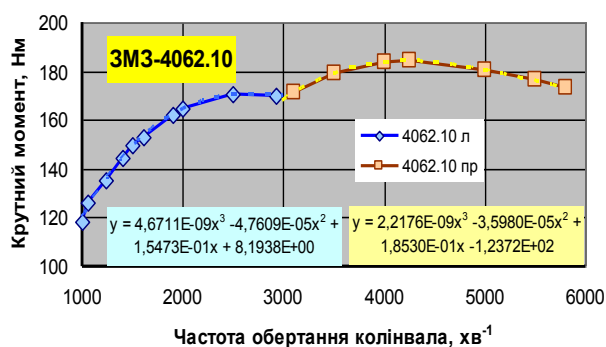
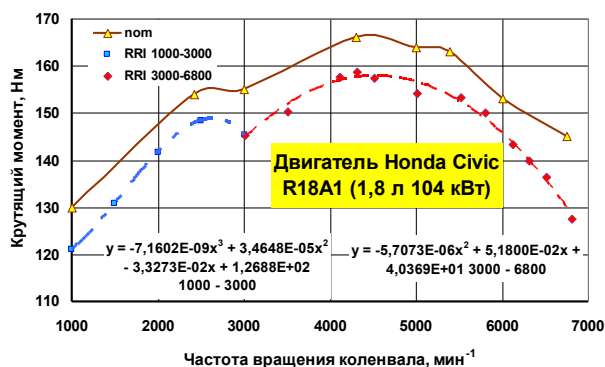
Шаг 12. Установить курсор на поле диаграммы. В панели «Стандартная» (вторая сверху) появится закладка «Диаграмма». Щелкнуть на ней, щелкнуть функцию «Добавить линию тренда». Появится диалоговое окно «Линия

тренда». Выбрать в нем подходящий на ваш взгляд тип линии. В нашем случае – полиномиальная. Выбрать показатель степени полинома – 6. В окне «Формат линии тренда», в закладке «Параметры» отметить два нижних окошка «Показывать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)». R^2 – это квадрат корреляционного отношения, которое показывает, насколько близка выбранная аппроксимирующая функция к экспериментальным данным.



Если зависимость крутящего момента от скорости имеется в виде таблицы, как, например, в диаграммах Rototest, шаги 1 - 9 пропустить.

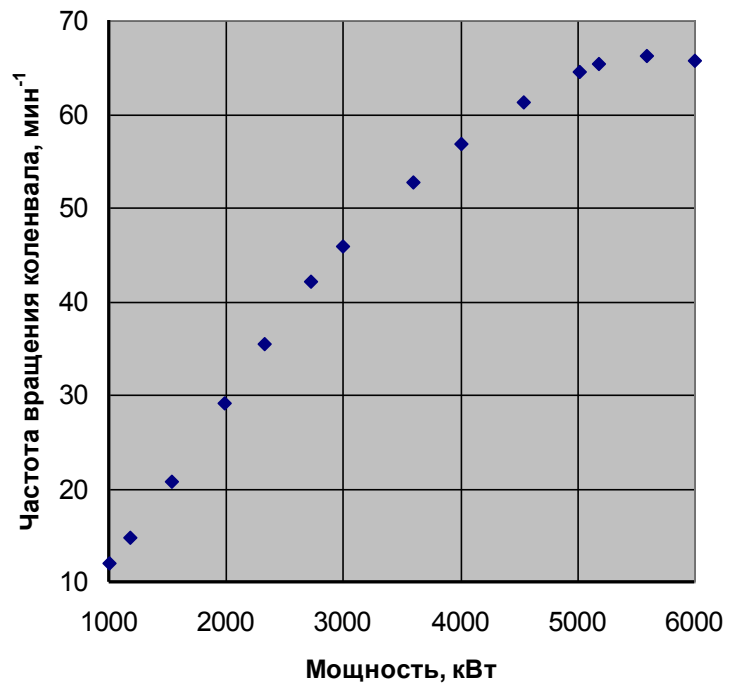
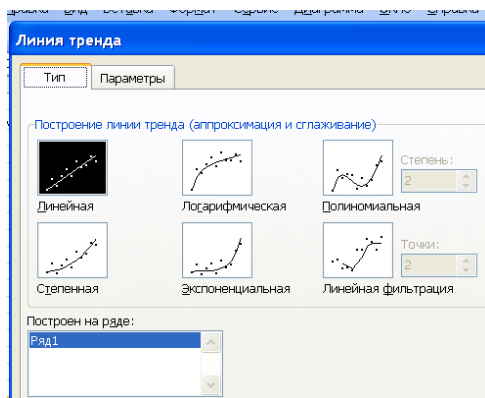
Если кривая момента имеет явно выраженное различие формы на разных участках, разбить кривую на отдельные участки и выполнить кусочную аппроксимацию.



Шаг 13. Получить значения мощности, для чего дополнить расчетную таблицу графой мощности N, кВт и заполнить ее, введя в ячейку G4 формулу =0,10472*E4*F4/1000, а затем распространив ее на весь столбец.

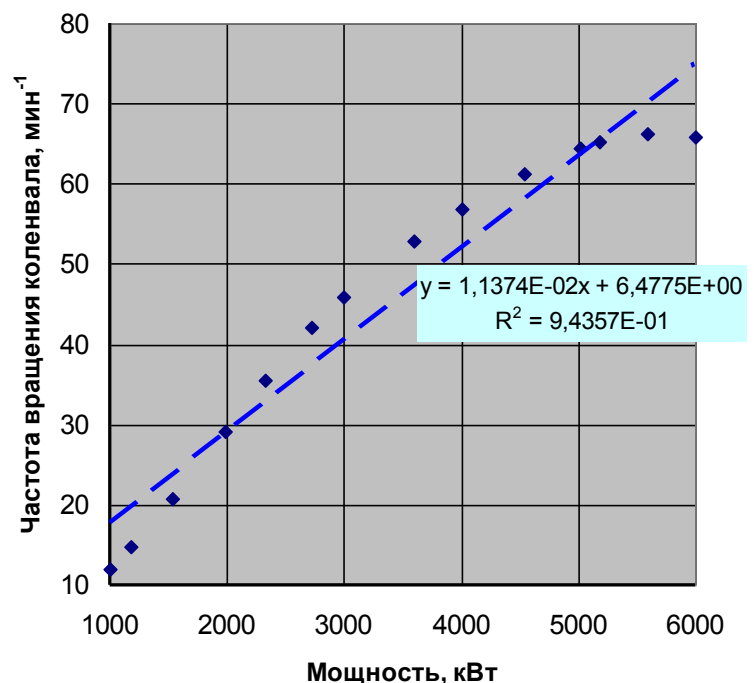
		по фактич. дан-ным		по масштабу		
n pixels	M pixels	n, мин ⁻¹	M, Нм	n, мин ⁻¹	M, Нм	N, кВт
	41		100		100	
74	76	1000		1000	114,7887	12,02068
82	88		120	1171,674	119,8592	14,70644
.....						
288	72			5592,275	113,0986	66,23314
307	52	6000		6000	104,6479	65,75236

Шаг 14. Построить кривую мощности N(n). В закладке «Диаграмма» щелкнуть опцию «Добавить линию тренда». Появится диалоговое окно «Линия тренда».



В этом случае вид графика не дает оснований для выбора той или иной аппроксимирующей функции, поэтому придется перебрать все возможные. Щелкнуть на иконке «Линейная». В окне «Формат линии тренда», в закладке «Параметры» отметить два нижних окошка «Показывать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R²)». Щелкнуть ОК.

Шаг 15. Появится линейный график аппроксимации, его уравнение и показатель R². Щелкнуть правой кнопкой на уравнении, левой кнопкой на появившейся надписи «Формат подписей данных». В появившемся окне «Формат подписей данных» задать цветной фон в



закладке «Вид» (выбирать самые бледные цвета), в закладке «Шрифт» – 9 или 10 кегль, в закладке «Число» – формат «Экспоненциальный» с числом знаков 4 или больше.

Шаг 16. Щелкнуть правой кнопкой на линии тренда, левой кнопкой на появившейся надписи «Формат линии тренда». В появившемся окне «Формат линии тренда» задать тип линии, ее цвет и толщину (обычно – наибольшую).

Последующие шаги. Повторить шаги 14 и 15 с логарифмической, степенной и экспоненциальной функциями. Затем попробовать полиномы разных степеней, начиная с третьей. Окончательно принять тот вариант, в котором линия тренда проходит как можно ближе к экспериментальным точкам (т.е. значениям мощности из столбца G) по оценке “на глаз”, показатель R^2 близок к единице, а степень полинома не слишком велика. В этом примере можно выбрать аппроксимацию полиномом 4-й степени. Легко убедиться, что полином третьей степени отходит от экспериментальных точек в области малых частот, а полиномы 5-й и 6-й степеней, хоть и повышают значение R^2 , но мало меняют конфигурацию линии тренда. Но если требуется наибольшая точность, следует выбрать полином 6-й степени.

ФОРМА ВЫПОЛНЕННОГО ЗАДАНИЯ

(сдается распечатка и/или файл в электронном виде, который можно переслать преподавателю по электронной почте)

ЗАДАНИЕ № 2 АППРОКСИМАЦИЯ ВСХ ДВИГАТЕЛЯ (указать модель)

Изображение ВСХД с указанием источника информации

Расчетная таблица Excel

Диаграммы крутящего момента и мощности по результатам расчета с формулами линии тренда

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбраны следующие аппроксимирующие формулы:

$$M_e = 7,7660E-20 \cdot n^6 - 1,8839E-15 \cdot n^5 + 1,7868E-11 \cdot n^4 - 8,2847E-08 \cdot n^3 + 1,8656E-04 \cdot n^2 - 0,16867 \cdot n + 164,13$$

$$N_e = 3,386E-14 \cdot n^4 - 6,223E-10 \cdot n^3 + 1,727E-06 \cdot n^2 + 0,0168 \cdot n - 6,336$$

Выполнил студент группы А-3... Фамилия, И.О.

Задание принимается только после получения правильных результатов. Задание должно быть сдано не позднее чем через две недели после выдачи. Оценивается по своевременности и количеству пересчетов.