

ЗАДАЧИ ПО КУРСУ «ДИАГНОСТИКА ЯЭУ»

Раздел 1. Предварительная обработка диагностической информации

Задача 1. С целью получения предварительных данных о качестве изготовления оболочки твэл ВВЭР-1000 из циркониевого сплава Э-635 были проведены измерения внешнего диаметра отрезка оболочки длиной 300 мм в случайно выбранных точках и направлениях с помощью микрометра.

Измеренные микрометром значения диаметра (мм) составили:

9,150; 9,145; 9,143; 9,141; 9,145; 9,139; 9,143; 9,134; 9,138; 9,142; 9,143; 9,143; 9,137; 9,139; 9,142; 9,141; 9,137; 9,137; 9,137; 9,134; 9,138; 9,138; 9,136; 9,133; 9,143; 9,129; 9,133; 9,142; 9,141; 9,135; 9,138; 9,141; 9,139; 9,142; 9,137; 9,133; 9,135; 9,129; 9,139.

Определить:

- наличие или отсутствие значимого тренда измеренных значений, а при наличии последнего определить его характеристики;
- характеристики рассеяния данных с учетом возможного тренда;
- соответствие исследованного отрезка оболочки техническим требованиям к внешнему диаметру оболочек ВВЭР-1000.

Контрольные измерения сдвига «нуля» микрометра перед началом и по окончании измерений дали значения 0,010 и 0,006 мм соответственно.

Задача 2. Морфологию и кинетику образования поверхностных слоев на железе на ранних стадиях его коррозии изучали с помощью анализа углового распределения интенсивности рассеянного лазерного излучения (J).

Для объективной оценки степени коррозии измеряли удельное количество электричества Q , затрачиваемого на окисление слоя продуктов коррозии. Изучали зависимости указанных величин от числа циклов окисления N . Получены следующие данные:

№	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , мКл/кв.см		19	35	47	63	74	80	98	100	109	112
J , усл. ед	0,6	0,8	1,6	2,6	3,8	5,7	7,0	8,8	10,0	11,6	12,5

Определить, в какой мере интенсивность рассеянного излучения может служить мерой коррозионного повреждения железа. Подтвердить вывод количественно.

Задача 3. При изучении трещиностойкости керамики методом индентирования при различных значениях нагрузки на индентор P получены следующие средние по 9 измерениям значения длины трещины L :

P , Н	49	98	147	196	245	294	343	392	467	540	638
L , мкм	23	43	62	75	95	104	119	131	153	159	268

Оценить целесообразность применения методики индентирования для получения трещин заданной длины с целью градуировки акустико-эмиссионной аппаратуры, оценить погрешность градуировки, построить градуировочную кривую.

Задача 4. С целью создания методики измерения одноосных механических напряжений в трубах исследовали зависимость коэрцитивной силы от угла ориентации датчика относительно оси трубы. Полученные данные характеризуются таблицей:

Угол, град.	0	22,5	45	67,5	90
Коэрц.сила, А/м	305	331	352	359	374

Вычислить коэффициент линейной регрессии, построить линию регрессии, оценить точность метода.

Задача 5. Толщину отложений и коррозии на внутренней поверхности трубопровода дистанционно контролируют лазерно-оптическим методом. Импульсным лазером локально разрушают поверхностный слой, после каждого импульса измеряют коэффициент отражения K от экспонированной поверхности. По изменению K судят о достижении лучом поверхности и, зная толщину слоя, удаляемого при действии каждого лазерного импульса (10 мкм), определяют толщину отложений.

В реальном случае контроля получен следующий ряд значений K :

0.30 0.35 0.23 0.30 0.34 0.36 0.30 0.27 0.25 0.32 0.38 0.28 0.32 0.44 0.46 0.40 0.45 0.48 0.50
0.44 0.50 0.42 0.45 0.38 0.46 0.55 0.50 0.48 0.35 0.58 0.50 0.55 0.45 0.52 0.54.

Определить толщину отложений и коррозии, а также доверительный интервал полученного значения при доверительной вероятности 0,95.

Задача 6. Для обнаружения малых количеств окиси гадолиния решено применить электромагнитный метод, заключающийся в определении изменения индуктивности катушки, внутри которой находится исследуемый образец. Изменение индуктивности регистрируют по изменению частоты генератора, в частотозадающую цепь которого включена катушка. Контрольные измерения дали результаты, приведенные в таблице.

Время t , мин	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4
Частота без образца f_0 , Гц	12578	12580	12579	12579	12584	12579	12575	12567
Частота с образцом f_1 , Гц	12625	12627	12626	12626	12633	12629	12625	12616
t	5	6	7	8	9	10	11	12
f_0	12563	12560	12554	12551	12547	12541	12536	12530
f_1	12616	12613	12609	12606	12603	12599	12595	12590
t	14	15	16	17	18	19	23	24
f_0	12526	12522	12523	12522	12521	12518	12517	12512
f_1	12586	12583	12585	12584	12584	12582	12583	12579
t	26	27	29	34	37	46	47	56
f_0	12506	12502	12492	12515	12519	12561	12557	12554
f_1	12574	12571	12563	12587	12592	12632	12628	12628
t	84	84,7	85,3	86	86,5	87,5	88	89
f_0	12520	12507	12500	12492	12486	12469	12447	12438
f_1	12615	12600	12594	12588	12581	12569	12551	12531

1. Построить модель временного ряда для приведенных данных.
2. Определить вероятность того, что образец влияет на индуктивность катушки.
3. Проанализировать остатки и сформулировать выводы, следующие из этого анализа.

Задача 7. При эксплуатации теплообменников АЭС наблюдаются вибрации труб, способные привести к взаимному трению труб, их повреждению и разрушению. Для предотвращения нежелательных эксплуатационных режимов применена система вибродиагностики. Данные о значениях амплитуды вибрации конкретной трубы в зависимости от времени через каждые 0.75 с (в сотых долях мм):

83 65 67 86 87 77 76 63 58 78 64 63 74 57 45 75 70
 43 75 65 87 59 68 60 59 61 80 77 61 70 40 50 60 51
 52 60 70 55 64 45 65 62 59 51 72 58 75 74 79 60 77
 52 53 77 70 75 64 83 60 71 53 75 60 63 44 69 70 48
 72 53 73 53 72 72 59 56 60 75 74 79 68 52 59 50 55
 78 72 60 70 65 54 61 48 47 72 54 61 38 60 50 60 45
 62 50 46 51 62 52 75 60 80 82 83 88 79 78 69 64 71
 66 87 71 80 75 83 60 80 82 62 71 74 74 70 67 75 62
 72 70 62 54 71 62 54 45 64

Определить, является ли процесс стационарным.

Определить основные статистические характеристики процесса.

Задача 8. В системе обнаружения окиси гадолиния используется крутильный маятник, возбуждаемый за счет взаимодействия вещества с периодически изменяющимся внешним магнитным полем. Для определения характеристик маятника исследовали его колебания без образца как в режиме резонансного возбуждения, так и в режиме свободных колебаний. Полученные результаты приведены в прилагаемой распечатке, где первое число каждой пары есть номер полупериода колебаний, а второе - размах (в градусах) для этого полупериода.

0 73 1 67 2 63 3 60 4 50 5 42 6 36
 7 35 8 33 9 30 10 37 11 45 12 58 13 66
 14 72 15 79 16 83 17 88 18 95 19 100 20 102
 21 104 22 107 23 112 24 118 25 123 26 128 27 132
 28 133 29 137 30 143 31 146 32 148 33 150 34 151
 35 152 36 151 37 151 38 153 39 153 40 152 41 152
 42 153 43 153 44 161 45 161 46 162 47 164 48 168
 49 171 50 172 51 173 52 172 53 172 54 176 55 180
 56 181 57 183 58 183 59 182 60 183 61 188 62 189
 63 188 64 189 65 189 66 189 67 188 68 186 69 187
 70 186 71 183 72 183 73 184 74 186 75 184 76 172
 77 163 78 158 79 152 80 143 81 134 82 126 83 119
 84 110 85 100 86 89 87 74 88 65 89 61 90 54
 91 50 92 49 93 51 94 53 95 54 96 59 97 63
 98 63 99 60 100 54 101 47 102 39 103 37 104 27
 105 24 106 24 107 24 108 22 109 15 110 11 111 9
 112 10 113 14 114 14 115 14 116 15

На основании приведенных данных:

1. Построить модель временного ряда.
2. Определить резонансное превышение системы и доверительный интервал полученного результата при доверительной вероятности 95%.
3. Оценить целесообразное время наблюдения после включения поля (в периодах колебаний).

4. Оценить погрешность измерения установившегося значения амплитуды колебаний.

Задача 9. При эксплуатации теплообменников наблюдаются вибрации труб, способные привести к взаимному трению труб, их повреждению и разрушению. Для предотвращения нежелательных эксплуатационных режимов применена система вибродиагностики. С ее помощью получены спектральные плотности средних значений и амплитудных значений процесса. Усредненные по 147 отдельным спектрам результаты приведены в таблице.

Гц	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
мкм (средн.)	5	6	8	11	14	27	22	17	26	15	12	8	
То же (пик.)	15	16	22	28	31	45	37	37	46	38	32	33	
26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52
8	8	8	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3
21	18	20	14	15	15	15	16	17	15	9	14	11	7
54	56	58	60	62	64	66	68	70	72	74	76	78	80
3	2,5	2,5	4	3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3	1,3
8	8	7,5	8	7	4	3,5	4	4	4	3,5	3	3	3

Определить целесообразность использования регистрации спектра амплитудных значений в дополнение к спектру средних значений.

Задача 10. При исследовании коррозии акустико-эмиссионным методом регистрировали изменение во времени поляризующей разности потенциалов dU , поляризующего тока i , изгибной деформации образца S , суммарного счета импульсов (N) акустической эмиссии (АЭ).

Полученные данные характеризуются следующей таблицей:

Время, с	dU , В	i , мкА	S , мм	N , имп
0	-3,93	0	0	0
3	-2,35			
4	-2,0			
8	2,7			
9				8
14	2,91			17
20	1,58	16,4	0	29
37	1,68	11,6	0	31
40	1,49			38
45		12,9		42
49	1,49			
55	1,52	12,9	0	82
58	1,52	12,9	0	101
81	1,56	9,2	0,5	160
288	1,82	2,3	0,8	239
265	1,70	8,5	0	262
280	1,68	9,3	0,8	288
305	1,73	9,0	0,8	330

305	1,55	14,5	1,0	330
319	1,68	10,2	0,5	362
328	1,75	8,2	-	364
332	1,78	0	3,5	364
334	1,53	7,8		
355	1,68	4,4	1,6	365
376	1,64	4,4	1,7	367
397	1,68	4,5	2,1	372
398				375
465	1,70	4,6	2,5	398
505	1,74	4,6	2,5	411
511	1,75	9,0	4,5	411
519	1,81	6,7	4,8	418
540	1,86	4,6	5,3	427
548	1,86	4,3	5,5	437
571	1,88	3,4	5,2	443
587	1,88	3,3	5,5	449
589	2,91	8,9		449
619	2,94	5,1	6,2	528
656	2,95	5,3	5,8	537
657	2,10	12,5		539
659	2,14	10,7	5,7	563
670	2,61	16,8	9,7	563
705	3,00	4,5	10,5	563
735	3,05	1,8		570
735	2,15	25	13	570
745	2,48	16,2	13,2	573
761	2,73	5,1		575
781	2,81	1,8	14,0	575
793	2,78	2,3	15,1	575
938	2,88	0,7	14,5	580
1059	3,08	3,0	15,8	590

Определить наличие или отсутствие корреляции между N и другими измеряемыми величинами.

Задача 11. Толщину отложений и коррозии на внутренней поверхности трубопровода дистанционно контролируют лазерно-оптическим методом. Импульсным лазером локально разрушают поверхностный слой, после каждого импульса измеряют коэффициент отражения K от экспонированной поверхности. По изменению K судят о достижении лучом поверхности и, зная толщину слоя, удаляемого при действии каждого лазерного импульса (10 мкм), определяют толщину отложений.

В реальном случае контроля получен следующий ряд значений K :

0.30 0.35 0.23 0.30 0.34 0.36 0.30 0.27 0.25 0.32 0.38 0.28 0.32 0.44 0.46 0.40 0.45 0.48 0.50
0.44 0.50 0.42 0.45 0.38 0.46 0.55 0.50 0.48 0.35 0.58 0.50 0.55 0.45 0.52 0.54.

Определить толщину отложений и коррозии, а также доверительный интервал полученного значения при доверительной вероятности 0,95.

Раздел 2. Постановка диагнозов

Задача 1. Диагностику СУЗ ЯЭУ осуществляют по флуктуациям электрического тока в цепи управления перемещением стержней АЗ. В исходном, заведомо исправном состоянии среднее значение тока составляет 25 А при среднеквадратическом отклонении 0,5 А, в критическом (требующем ремонта) — 30 А и 2 А соответственно. Распределения в обоих случаях можно считать нормальными.

Определить допустимое изменение среднего значения тока по сравнению с исходным состоянием при вероятности эксплуатации неисправной системы СУЗ, не превышающей 10^{-7} . Найти вероятность необоснованной остановки реактора при превышении полученного изменения среднего значения тока.

Задача 2. Состояние нижнего радиального подшипника ГЦН контролируют посредством измерения концентрации фтора в смазке, появляющегося в результате износа фторпласт-графитовых вкладышей. Предварительно установлено, что для исправного состояния среднее содержание фтора в смазке составляет 0,5 мг/кг при среднеквадратическом отклонении 0,2 мг/кг, для предельно изношенного — 1,2 и 0,3 мг/кг соответственно.

Определить предельное содержание фтора в смазке, при котором подшипник подлежит разборке и ремонту, если стоимость этих операций составляет 10 тыс. усл. ед., а последствия аварийной остановки реактора оцениваются в 200 тыс. усл. ед.

Задача 3. Для распознавания пружинной стали двух марок — с графитом и без графита в структуре — было решено применить вихретоковый метод.

Предварительные измерения привели к получению следующих выборок: (f — частота колебаний генератора, в контур которого включена обмотка датчика, Гц; U — возникающее напряжение на обмотке, В):

Без образца		Образец без графита		Образец с графитом	
f	U	f	U	f	U
497857	1.200	513188	0.561	510280	0.571
498381	1.200	513663	0.560	509840	0.566
497915	1.200	512730	0.557	510290	0.564
497990	1.200	513573	0.554	509837	0.571
498283	1.200	512705	0.556	510350	0.564

Оценить перспективность методики и подтвердить оценку количественно.

Задача 4. При разработке системы диагностики трубопроводов возникла проблема различения структурного состояния материала труб, уложенных несколько десятилетий назад. Известно, что часть труб в процессе производства подвергалась термообработке, остальные — нет. По документации удалось восстановить данные о технологии 10 участков различных трубопроводов, из которых при ремонте были вырезаны контрольные образцы для двух обучающих выборок по 5 образцов в каждой.

Для различения состояния труб в полевых условиях было решено применить два метода — акустический импедансный и магнитно-шумовой. Результаты, полученные для обучающих выборок, сведены в таблицу.

Образцы без термообработки		Образцы с термообработкой	
Смещение резонансной частоты акустического щупа, %	Напряжение шумов Баркгаузена, мВ	То же	
1	2	1	2
19,4	40	23,2	70
20,0	39	23,2	70
20,3	49	23,2	73
20,8	45	23,3	74
21,6	53	24,0	78

Определить, который из двух методов обеспечивает более достоверное распознавание вида материала и насколько целесообразно применение обоих методов.

Задача 5. С целью обнаружения течей в парогенераторе «натрий – вода» используют флуктуационные составляющие ЭДС магнитного расходомера, установленного на основном трубопроводе у выхода испарителя секции парогенератора.

При градуировке контрольно-измерительной системы последовательно проводили измерения на модели парогенератора с электромагнитным расходомером, когда имелась возможность впрыскивания предельно допустимого количества воды в натриевый контур. Всего проведено 20 измерений, результаты которых отражены в таблице.

№ опыта	Состояние	Среднее значение, мВ	Средне квадрат. откл, мВ	№ опыта	Состояние	Среднее значение, мВ	Средне квадрат. откл, мВ
1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	100	0,5	11	1	102	0,5
2	2	100	2,0	12	2	95	1,5
3	1	98	1,5	13	1	104	1,0
4	2	95	1,5	14	2	92	2,5
5	1	103	0,5	15	1	98	1,5
6	2	91	1,5	16	2	95	2,5
7	1	100	1,0	17	1	98	0,5
8	2	99	3,0	18	2	98	2,0
9	1	100	2,0	19	1	97	0,5
10	2	95	1,5	20	2	90	1,5

Состояние 1 — чистый натрий, 2 — с впрыском воды.

Определить условие выработки сигнала аварийной остановки парогенератора, если допустимая вероятность ложной остановки равна 0,1.

Задача 6. При испытаниях микросхем К1407УД2 получены следующие значения величины электросопротивления между выводами с номерами i, k :

№ схемы	$R_{ik}, \text{кОм}$								
	R_{15}	R_{25}	R_{27}	R_{28}	R_{45}	R_{47}	R_{48}	R_{67}	R_{68}
1	650	820	1310	1000	410	390	440	890	730
2	960	990	1380	1030	400	390	440	920	990
3	960	940	1380	1030	400	390	430	910	990

4	630	470	7	700	400	380	430	880	600
5	980	1050	1470	1000	450	530	410	920	950
6	930	680	1180	1010	400	380	440	870	700

1. Определить степень обоснованности отбраковки микросхемы №4.
2. Построить корреляционную матрицу.
3. Построить граф корреляционных связей.
4. Определить перечень параметров, по которым целесообразно проводить отбраковку микросхем.

Задача 7. Проведено выборочное обследование производительности труда рабочих одинаковых профессий на четырех однотипных предприятиях разных городов.

Получены следующие результаты (в относительных единицах):

Условный номер рабочего	Заводы			
	1	2	3	4
1	1,30	1,40	1,44	1,27
2	1,27	1,30	1,40	1,05
3	1,21	1,28	1,28	1,24
4	1,09	1,27	1,28	1,22
5	1,03	1,24	1,06	
6	1,01	1,08		
7	1,09			

Установить, существенно ли различается производительность труда на этих заводах.

Задача 8. Состояние защитной оболочки реактора контролируют пятью тензотрами. Показания снимают ежедневно. В течение некоторых пяти последовательных дней получены следующие данные:

№ датчика	1	2	3	4	5
Эл. сопротивление, Ом	0,14	0,14	0,12	0,12	0,13
Ср.-кв. откл., Ом	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

На следующий день произошел подземный толчок, после которого было проведено обследование датчиков, причем повреждений их обнаружено не было. В последующие дни измерения дали результаты:

№ датчика	1	2	3	4	5
Эл. сопротивление, Ом	0,15	0,15	0,13	0,13	0,14
Ср.-кв. откл., Ом	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02

Оценить вероятность того, что прекращение эксплуатации реактора на основании показаний тензотметров будет обоснованным.

Задача 9. Работу ГЦН ЯЭУ контролируют с помощью датчиков температуры, установленных в точках 1-4 на корпусе насоса. В течение 40 ч через каждые 8 ч получены следующие значения температуры:

Точки	1	2	3	4
Время, ч	Температура, °С			
8	260	260	240	230
16	280	270	260	250
24	250	250	240	240
32	250	260	270	240
40	260	260	240	240

Определить целесообразность установки всех датчиков или найти целесообразную их комбинацию.

Задача 10. Вибрационную диагностику насоса судовой установки осуществляют с помощью системы пьезопреобразователей в четвертьоктавных полосах вблизи центральных частот, указанных в таблице. Статистические данные, накопленные ранее, характеризуют первые четыре пункта, пятый получен для насоса, состояние которого необходимо определить. На основании приведенных данных поставить диагноз и оценить его надежность (а - вибрационное ускорение, s - его среднеквадратическое отклонение, L - относительный уровень вибрации).

	Уровни вибрации в полосе около частоты, Гц				
	50	100	250	800	5000

1. Исправное состояние

L, дБ	65	54	62	77	67
a, 10^{-2} м/с ²	53	15	38	212	67
s, “	2	0.02	1.4	85	3

2. Небаланс ротора

L	74	56	64	77	71
a	150	19	47	212	106
s	30	0.13	7.4	117	45.2

3. Износ уплотнения

L	62	54	59	73	70
a	37	15	27	134	95
s	3.9	0.1	2.2	73	17

4. Износ подшипника

L	54	50	57	73	70
a	15	9.5	21	134	95
s	0.13	0.41	1.9	17	39

5. Диагностируемый насос

L	59	40	71	49	60
---	----	----	----	----	----

Поставить диагноз и вычислить коэффициент распознавания.

Задача 11. При разработке методики измерения уровня виброуплотненного порошка поглотителя нейтронов в оболочке поглощающего элемента реактора ВВЭР-1000 планируется применить акустический спектроскопический метод. С этой целью анализируют спектр собственных колебаний оболочки, частично заполненной порошком. При анализе

спектрограмм удалось выделить значения характерных периодов собственных колебаний, приведенные в таблице (мс).

Образец 1 (уровень порошка x_1):

11, 11, 15, 9, 27, 22, 26, 24, 24, 23, 26, 20, 26, 22, 29, 21.

Образец 2 (уровень x_2):

13, 12, 12, 13, 15, 10, 9, 23, 27, 24, 26, 24, 25, 26, 25, 23, 23, 25, 24, 25, 20, 19, 23, 24, 24.

Образец 3 (уровень x_3):

13, 12, 14, 12, 14, 14, 11, 15, 13, 27, 27, 27, 28, 24, 31, 29, 23.

Образец 4 (уровень x_4):

13, 14, 14, 14, 13, 23, 28, 27, 27, 14, 12, 12, 19, 25, 27, 27, 27, 26, 28, 28, 27, 27, 27.

Контрольный образец:

13, 13, 13, 14, 15, 13, 14, 22, 15, 24, 27, 22, 19, 25, 24, 23, 22, 21, 24, 20, 20, 19, 20, 21, 22, 24, 30, 20, 18, 24, 22, 26, 23, 21, 26, 17, 28, 24, 23, 21, 26, 30, 20, 27, 25, 24, 25, 26, 27, 25.

Определить, к какому из четырех типов образцов обучающей выборки следует отнести контрольный образец. Вычислить вероятность правильной классификации и ошибок первого и второго рода.

Задача 12. Для определения склонности сплавов к водородному охрупчиванию предложено использовать параметры акустического излучения образцов после выключения катодной электрохимической поляризации.

Контрольные измерения проведены на двух образцах, один из которых был заведомо не склонен к охрупчиванию, другой — заведомо склонен. Данные об изменении скорости счета акустических импульсов отражены в таблице.

Время после выключения, с	Скорость счета, 1/с	
	1-й обр.	2-й обр.
0	1260	1043
2	365	510
4	111	245
6	45	110
8	41	30
10	25	70
12	18	30
14	10	

Определить, насколько значительно различие данных для двух образцов и, соответственно, перспективность предложенного метода, если известно, что за время между измерениями на двух образцах (2 ч) нестабильность показаний прибора из-за дрейфа его характеристик может достигать 20%, а уровень остаточного фона достигает 10 с^{-1} .

Задача 13. В условия задачи №10 ввести дополнительную информацию о результатах измерений в полосах частот 160 и 6300 Гц, после чего оценить эффективность использования этой информации.

Уровни вибрации в полосе около частоты, Гц		
	160	6300

1. Исправное состояние

L, дБ	35	67
a, 10^{-2} м/с ²	1.7	169
s, “	0.04	9.4

2. Небаланс ротора

L	55	78
a	17	238
s	0.08	37

3. Износ уплотнения

L	50	76
a	9.5	190
s	0.19	39

4. Износ подшипника

L	51	80
a	10.6	300
s	0.5	31

5. Диагностируемый насос

L	49	56
---	----	----

Задача 14. С целью диагностики подшипника ЯЭУ, с периодичностью 2 раза в месяц в течение 2 лет с помощью акселерометра измеряли уровень вибрации на частоте вращения вала (около 25 Гц) в третьоктавной полосе частот. Результаты измерений приведены в таблице.

№ изм.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
L, дБ	60.5	58	56	62	68	60.5	61.5	61.5	60.5	60	62	63.5	60.5	
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
61.5	59	63.5	60	60	65.5	61.5	60.5	60.5	65	60	60	64.5	61	60
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
62	60	64	66	62	59	62	65	64	64	64	67	62.5	64	67
43	44	45	46	47	48	49	50							
62	60	61	62	72	61	62	63							

1. Используя параметрические и непараметрические критерии сравнения выборок, определить степень достоверности заключения об исправном состоянии подшипника на основании анализа последних k результатов измерений, где k задается преподавателем или обоснованно выбирается самостоятельно.

2. Установить наличие или отсутствие тренда в результатах измерений.

3. Найти уравнение тренда.

3. Проверить адекватность модели результатам измерений.

4. Оценить остаточный ресурс, исходя из допустимого повышения уровня вибрации на 6 дБ.

Задача 15. С целью создания акустического метода диагностики состояния подшипников скольжения исследовали взаимосвязь параметров акустических сигналов — скорости счета (числа импульсов в единицу времени) \dot{N} , средней амплитуды импульсов \bar{A} , дисперсии процесса σ^2 , средней мощности процесса W — от скорости взаимного перемещения поверхностей v . Полученные результаты приведены в таблице.

$v, \text{ м/с}$	$\dot{N}, \text{ с}^{-1}$	$\bar{A}, \text{ усл. ед.}$	$\sigma^2, \text{ усл. ед.}$	$W, \text{ усл. ед.}$
0,67	65	8,6	22	6,2
0,92	1100	12,8	73	300
1,07	3200	15,5	152	1000
1,09	3500	13,9	210	1400
1,21	5200	16,5	270	2800
1,37	7650	21,0	414	6800
1,57	10700	26,4	592	10000

Определить целесообразный набор диагностических параметров из числа названных выше параметров акустических сигналов.

Задача 16. При вибродиагностике насоса ЯЭУ атомной подводной лодки в пяти частотных полосах при восьми последовательных измерениях на корпусе насоса для исправного состояния получены следующие значения виброускорения ($\text{м} / \text{с}^2 \cdot 10^{-2}$):

№ измерения	Средняя частота, Гц				
	50	100	250	800	5000
	Уровни вибрации				
1	50	15,0	39	100	71
2	55	15,1	40	140	70
3	54	15,2	39	270	67
4	53	15,1	38	300	69
5	53	14,9	38	150	67
6	50	15,0	37	150	65
7	55	15,0	36	300	63
8	53	15,2	37	290	64

Определить целесообразное количество частотных полос измерений и указать эти полосы.

Задача 17. Распределение аварийности трубопроводов по характеру причин ее возникновения характеризуется нижеследующей таблицей:

Год	Наружная коррозия	Брак строительства	Механические повреждения	Дефекты оборудования	Прочие
1981	39,3	20,3	16,9	17,9	5,6
1982	42,3	15,4	17,3	13,5	11,5
1983	55,2	13,2	10,5	13,2	7,9
1985	37,4	21,2	24,1	16,2	11,1
1986	30,4	20,2	19,0	10,2	20,2
1987	34,2	18,1	17,3	9,1	18,3

Определить значимость коррелированности приведенных причин.

Задача 18. Результаты определения температурной зависимости модуля упругости двух партий циркониевого сплава Э110 для оболочек твэл реактора ВВЭР-1000 характеризуются следующей таблицей:

$T, ^\circ\text{C}$	$E, 10^{10} \text{ Па}$	
	Партия 1	Партия 2
20	9,6	9,5
100	9,0	8,8
200	8,3	8,2
300	7,7	7,6
400	7,1	7,0
500	6,5	6,3
600	6,0	5,7
700	5,3	5,1
800	4,5	4,6
820	4,5	4,4
850	4,3	4,3
890	4,1	4,1
920	5,5	5,3
1000	5,6	5,4
1100	5,6	5,4
1200	5,4	5,3
1300	5,1	5,0
1400	—	4,9
1500	—	4,9

Определить степень значимости различия результатов для двух партий.

Задача 19. Для обнаружения малых количеств окиси гадолиния решено применить электромагнитный метод, заключающийся в определении изменения индуктивности катушки, внутри которой находится исследуемый образец. Изменение индуктивности регистрируют по изменению частоты генератора, в частотозадающую цепь которого включена катушка. Контрольные измерения дали результаты, приведенные в таблице.

Время t , мин	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4
Частота без образца f_0 , Гц	12578	12580	12579	12579	12584	12579	12575	12567
Частота с образцом f_1 , Гц	12625	12627	12626	12626	12633	12629	12625	12616
t	5	6	7	8	9	10	11	12
f_0	12563	12560	12554	12551	12547	12541	12536	12530
f_1	12616	12613	12609	12606	12603	12599	12595	12590
t	14	15	16	17	18	19	23	24
f_0	12526	12522	12523	12522	12521	12518	12517	12512
f_1	12586	12583	12585	12584	12584	12582	12583	12579
t	26	27	29	34	37	46	47	56

f_0	12506	12502	12492	12515	12519	12561	12557	12554	
f_1	12574	12571	12563	12587	12592	12632	12628	12628	

Дать прогноз значений частоты генератора с образцом и без образца, а также ожидаемую величину искомого эффекта для 85-й минуты после начала измерений с полем рассеяния, соответствующим 95%-й вероятности.

Задача 20. Из-за значительного рассеяния результатов в экспериментах, описанных в задаче 21, было решено устранить один из возможных источников погрешности. Полученные в новой серии измерений результаты отражены в таблице.

№ измерения	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
эдс без образца, усл. ед.	4,2	2,1	4,4	3,8	2,4	2,2	6,6	4,8	1,2	1,1
То же, с образцом	6,6	2,6	6,2	5,5	7,6	2,0	10,0	5,8	1,2	1,2

Определить целесообразность нововведений в методике измерений.

Задача 21. Для обнаружения малых количеств окиси гадолиния решено применить электромагнитный метод, заключающийся в определении изменения индуктивности катушки, внутри которой находится исследуемый образец. Изменение индуктивности регистрируют по изменению частоты генератора, в частотоподающую цепь которого включена катушка. Вследствие того, что исследуемый материал парамагнитен (т.е. относительная магнитная проницаемость его много меньше, примерно в 150-200 раз, чем у ферромагнетиков, а частота генератора недостаточно стабильна, проводились последовательные измерения, в которых частоту определяли выборками длительностью по 10 с. Выборки осуществляли парами, сначала с образцом, через 15 с - без образца. Через несколько дней измерения были проведены повторно на другой установке. Измерения дали результаты, приведенные в таблице.

№ измерения		1	2	3	4	5	6	7	8
Изменение частоты на установке 1, Гц		4,7	5,5	4,8	5,3	7,2	6,6	6,2	5,6
То же, на установке 2		4,7	7,2	7,5	3,4	3,9	3,8	4,1	5,1
9	10	11	12	13	14	15			
5,2	5,4	5,9	5,0	4,5	5,5	5,9			
6,5	4,8	4,9	5,3	2,3	2,9				

Определить при уровнях значимости 0.1 и 0.05 влияние смены установки на результаты измерений.

Задача 22. Морфологию и кинетику ранних стадий образования поверхностных слоев на железе при его коррозии изучали с помощью анализа углового распределения интенсивности рассеянного лазерного излучения J . Для объективной оценки степени коррозии измеряли удельное количество электричества Q , затрачиваемого на окисление слоя продуктов коррозии. Изучали зависимости указанных величин от числа циклов окисления N . Получены следующие данные:

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q , мКл/см ²	0	19	35	47	63	74	80	98	100	109	112
J , усл. ед.	0,6	0,8	1,6	2,6	3,8	5,7	7,0	8,8	10,0	11,6	12,5

Определить степень точности оценки глубины поврежденного коррозией толщины слоя.

Указание. Построить аппроксимирующую зависимость $J(Q)$.

Задача 23. При исследовании зависимости предела текучести $\sigma_{0,2}$ от температуры T для углеродистых сталей различных марок получены, в частности следующие результаты:

Сталь 40, кованая

T, K	75	90	110	130	130	130	165
$\sigma_{0,2}, MPa$	605	440	340	360	280	185	200

Сталь 08кп, нормализованная

T, K	75	90	140	200	280
$\sigma_{0,2}, MPa$	570	370	180	80	15

Построить аппроксимирующие зависимости $\sigma_{0,2}(T)$, оценить надежность определения марки стали по единичному измерению предела текучести.

Раздел 3. Прогнозирование

Задача 1. Аккумулятор типа Д - 0,55 в начальный момент времени начинают разряжать через нагрузку сопротивлением 100 Ом. В процессе разрядки получено изменение напряжения на электродах, характеризующееся таблицей:

t, c	0	5	10	15	20	25	30	35	40
U, B	1,173	1,158	1,151	1,148	1,148	1,144	1,142	1,140	1,139
45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
1,138	1,136	1,135	1,134	1,132	1,131	1,129	1,128	1,129	1,128
95	100	105	110	115	120	125	130	135	
1,127	1,127	1,126	1,126	1,125	1,124	1,124	1,124	1,123	

Рассчитать наиболее вероятное значение напряжения через 15 минут после начала разрядки и доверительный интервал рассчитанного значения при 90%-й вероятности.

Задача 2. Аккумулятор типа 7Д-0,125 в начальный момент времени начинают разряжать через нагрузку сопротивлением 100 Ом. В процессе разрядки получено изменение напряжения на электродах, характеризующееся таблицей:

t, c	0	5	10	15	20	25	30	35	40
U, B	7,64	6,08	5,68	5,39	5,10	4,89	4,66	4,50	4,38
45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
4,15	3,98	3,78	3,56	3,36	3,19	3,03	2,90	2,79	2,70
95	100	105	110	115	120				
2,62	2,56	2,49	2,44	2,38	2,34				

Рассчитать наиболее вероятное значение напряжения через 15 минут после начала разрядки и доверительный интервал рассчитанного значения при 90%-й вероятности.

Задача 3. При производстве микросхем в 70 последовательных загрузках заготовок получены значения процента выхода годной продукции, указанные в распечатке (первое число в паре — номер загрузки, второе — процент выхода).

1 47 2 64 3 23 4 71 5 38 6 65 7 55 8 41 9 59 10 48
 11 71 12 35 13 56 14 40 15 58 16 44 17 80 18 55 19 37 20 74
 21 51 22 58 23 50 24 60 25 44 26 57 27 50 28 45 29 25 30 59
 31 50 32 71 33 56 34 74 35 50 36 58 37 45 38 54 39 36 40 54
 41 48 42 55 43 45 44 57 45 50 46 62 47 44 48 64 49 43 50 52
 51 38 52 60 53 55 54 41 55 53 56 49 57 34 58 35 59 54 60 45
 61 68 62 38 63 50 64 60 65 39 66 59 67 40 68 57 69 54 70 23

1. Построить обоснованную модель для описания приведенного ряда.
2. Оценить степень необходимости коррекции технологического процесса после получения 70-й партии.
3. Дать прогноз количества партий, которое может быть выпущено без коррекции процесса.

Задача 4. В системе обнаружения окиси гадолиния используется крутильный маятник, возбуждаемый за счет взаимодействия вещества с периодически изменяющимся внешним магнитным полем. В опытах по определению чувствительности метода исследовали колебания маятника с образцом и без образца как в режиме резонансного возбуждения маятника, так и в режиме свободных колебаний. Полученные результаты приведены в прилагаемой распечатке, где первое число каждой триады есть номер полупериода колебаний, второе - размах (в градусах) для этого полупериода при измерениях с образцом, третье - без образца.

На основании приведенных данных:

1. Построить модели временных рядов для потенциальных информационных параметров.
2. Оценить значимость различий возможных информационных параметров для колебаний с образцом и без образца.

№ изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
φ, град	212	228	213	227	209	230	206	234	202	238	197	243	194
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	247	191	248	187	252	182	255	179	261	175	262	172	264
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	173	262	173	263	172	264	172	267	172	267	168	270	172
	40	41	42	43	44	45	46						
	268	170	264	169	268	169	264						

№ изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
φ, град	245	187	250	185	257	182	261	178	264	173	271	169	274
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	168	277	171	275	165	278	164	280	163	279	163	277	162
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	279	163	282	162	280	162	279	165	277	168	273	166	274
	40	41	42	43	44	45							
	166	274	169	270	167	273							