

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

В.А. Костиков

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине

**НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И
ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК**

*для направления 280700
очной формы обучения*

Москва – 2014

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
"МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ"**

**Кафедра безопасности полетов и жизнедеятельности
В.А. Костиков**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

по выполнению лабораторных работ

по дисциплине

**НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ И
ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК**

*для направления 280700
очной формы обучения*

Москва – 2014

ББК

К

Рецензент канд. техн. наук, с.н.с. О.В. Пахомов

Костиков В.А.

К

Безопасность полетов: Учебно-методическое пособие по дисциплине "Надежность технических систем и техногенный риск" – М.: МГТУ ГА, 2014.- 26 с.

Данное учебно-методическое пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины "Надежность технических систем и техногенный риск" по учебному плану для направления 280700 очной формы обучения.

В пособии изложены методики расчета доверительных интервалов оценок уровня безопасности полетов воздушных судов (ВС), а также частот возникновения особых ситуаций, вызванных отказами функциональных систем ВС. Приведен порядок ранжирования опасных факторов по частоте их проявления в однотипных авиационных событиях (АС), а также методика попарного сравнения факторов по степени их опасности.

Все, приведенные в пособии, методики сопровождаются расчетами в вычислительной среде пакета MathCAD.

Предназначено для студентов направления подготовки 280700 очной формы обучения, изучающих дисциплины "Надежность технических систем и техногенный риск" и "Безопасность полетов", а также может быть использовано при разработке вопросов безопасности производственных процессов в дипломных проектах.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры БПиЖД 30.01.2014г и методического совета МФ 30.01.2014г

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

"ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ НОРМИРОВАННОМУ УРОВНЮ"

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Авиационные события (АС в соответствии с Федеральными авиационными правилами "Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов в гражданской авиации РФ") включают в себя:

1. Авиационные происшествия: событие, связанное с использованием ВС, которое имеет место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт с намерением совершить полёт, до момента, когда все лица, находившиеся на борту с целью совершения полёта, покинули ВС, и в ходе которого:

а) какое-либо лицо получает телесное повреждение со смертельным исходом в результате нахождения в данном ВС, за исключением тех случаев, когда телесные повреждения получены вследствие естественных причин, нанесены самому себе либо нанесены другими лицами, или когда телесные повреждения нанесены безбилетным пассажирам, скрывающимся вне зон, куда обычно открыт доступ пассажирам и членам экипажа;

Примечание. Только в целях единообразия статистических данных телесное повреждение, в результате которого в течение 30 дней с момента происшествия наступила смерть, классифицируется как телесное повреждение со смертельным исходом.

б) ВС получает повреждение или происходит разрушение его конструкции, в результате чего:

— нарушается прочность конструкции, ухудшаются технические или летные характеристики ВС;

— требуется крупный ремонт или замена повреждённого элемента, за исключением: случаев отказа или повреждения двигателя, когда повреждён только сам двигатель, его капоты или вспомогательные агрегаты, или повреждены только воздушные винты, несилловые элементы планера, обтекатели, законцовки крыла, антенны, пневматики, тормозные устройства или другие элементы, если эти повреждения не нарушают общей прочности конструкции, или в обшивке имеются небольшие вмятины или пробоины; повреждений элементов несущих и рулевых винтов, втулки несущего или рулевого винта, трансмиссии, повреждений вентиляторной установки или редуктора, если эти случаи не привели к повреждениям или разрушениям силовых элементов фюзеляжа (балок); повреждений обшивки фюзеляжа (балок) без повреждения силовых элементов;

в) ВС пропадает без вести или оказывается в таком месте, где доступ к нему абсолютно невозможен.

Примечание. Воздушное судно считается пропавшим без вести, когда были прекращены его официальные поиски и не было установлено местонахождение воздушного судна или его обломков. Решение о прекращении поиска гражданского воздушного судна, потерпевшего бедствие, принимает Уполномоченный орган России в области ГА.

2. Авиационные инциденты: событие, связанное с использованием ВС по назначению, имевшее место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт с намерением совершить полёт, до момента, когда все находившиеся на борту лица покинули ВС, которое обусловлено отклонениями от нормального функционирования ВС, экипажа, служб управления и обеспечения полётов, воздействием внешней среды, могущее оказать

влияние на БП, но не закончившееся авиационным происшествием. Перечень событий, классифицируемых как инциденты устанавливается национальными правилами расследования АП и АИ.

3. **Производственные происшествия:** события, не относящиеся к авиационным происшествиям и инцидентам, имевшими место при использовании ВС, а также в процессе их технического обслуживания, хранения и ремонта, определяются ведомственными документами. К ним относятся ЧП и ПВС.

Чрезвычайное происшествие — событие, связанное с эксплуатацией ВС, при котором наступило одно из следующих последствий:

- гибель или телесное повреждение со смертельным исходом какого-либо лица во время нахождения его на борту ВС в результате умышленных или неосторожных действий потерпевшего или других лиц;
- гибель или телесные повреждения со смертельным исходом лиц, скрывающихся вне зон, куда открыт доступ пассажирам и членам экипажа;
- гибель членов экипажа или пассажиров в результате неблагоприятных воздействий внешней среды после вынужденной посадки ВС вне аэродрома;
- гибель или телесные повреждения со смертельным исходом любого лица, находившегося вне ВС, в результате непосредственного контакта с ВС, его элементами или струёй газов;
- разрушение или повреждение ВС на земле, повлекшее нарушение прочности его конструкции или ухудшение лётно-технических характеристик в результате стихийного бедствия или отклонений от технологии обслуживания, правил хранения и транспортирования;
- угон ВС, находящегося на земле или в полете, или его захват с целью угона;
- самовольный вылет экипажа, отдельных его членов или других должностных лиц, независимо от последствий.

Повреждение ВС на земле — событие, связанное с обслуживанием, хранением и транспортированием ВС, при котором ему причинены повреждения, не нарушающие прочности его конструкции, не ухудшающие лётно-технические характеристики, и устранение которых возможно в эксплуатационных условиях.

Причинами возникновения АС могут стать отказы и неисправности авиационной техники, которые вызывают в полете возникновение "особых ситуаций". В зависимости от тяжести последствий, которые возникают в результате таких отказов (при условии, что пилоты строго выполняют в это время те действия, которые им предписаны соответствующей эксплуатационной документацией) "особые ситуации" подразделяются на:

1. Катастрофическая ситуация: особая ситуация, для которой принимается, что при её возникновении предотвращение гибели людей оказывается практически невозможным.

2. Аварийная ситуация: — особая ситуация, характеризующаяся значительным повышением психофизиологической нагрузки на экипаж, значительным ухудшением лётных характеристик, устойчивости и управляемости и приводящая к достижению (превышению) предельных ограничений и расчетных условий. Предотвращение перехода аварийной ситуации в катастрофическую требует высокого профессионального мастерства членов экипажа

3. Сложная ситуация: особая ситуация, характеризующаяся заметным повышением психофизиологической нагрузки на экипаж или заметным ухудшением лётных

характеристик, устойчивости и управляемости, а также выходом одного или нескольких параметров полета за эксплуатационные ограничения, но без достижения предельных ограничений и расчетных условий. Предотвращение перехода сложной ситуации в аварийную или катастрофическую может быть обеспечено своевременными и правильными действиями членов экипажа, в том числе немедленным изменением плана, профиля или режима полёта. При этом под эксплуатационными ограничениями следует понимать условия, режимы и значения параметров, преднамеренный выход за пределы которых недопустим в процессе эксплуатации ВС. Предельные ограничения — ограничения режимов полёта, выход за которые недопустим ни при каких обстоятельствах.

4. *Усложнение условий полетов: особая ситуация, характеризующаяся незначительным увеличением психофизиологической нагрузки на экипаж либо незначительным ухудшением характеристик устойчивости и управляемости или лётных характеристик. Усложнение условий полета не приводит к необходимости немедленного или непредусмотренного заранее изменения плана полета и не препятствует его благополучному завершению, за исключением случаев, указанных в руководствах по лётной эксплуатации (РЛЭ).*

Все приведенные события и ситуации влекут за собой материальный (а следовательно – экономический) и социальный ущерб или создают угрозу такого ущерба, а следовательно вызывают необходимость осуществлять защиту от его возникновения.

2.КРАТКАЯ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Управление безопасностью полетов, осуществляемое на международном, национальном и корпоративном уровне, включает в себя действия по выявлению и устранению причин возникновения авиационных событий и "особых ситуаций". Эти действия должны предприниматься как по каждому произошедшему авиационному событию, так и на непрерывной основе. Осуществление действий по обеспечению более высокого уровня безопасности полетов неизбежно связано с расходом ресурсов. Это может создавать отрицательную мотивацию у руководителей организаций авиационной транспортной отрасли в связи с необходимостью экономить имеющиеся у них ресурсы. Также не всегда понятным и очевидным является направление действий, которые могли бы улучшить состояние защиты от объективных угроз безопасности полетов, вызванных сложной производственной деятельностью гражданской авиации.

Эти обстоятельства вынуждают создавать и использовать систему требований, включающих ограничения и запреты на выполнение небезопасных действий в ходе осуществления производимых работ в отрасли. Из подобных требований формируется система нормативного управления безопасностью. Долгое время нормативное управление в авиации определяло отношения между полномочными государственными органами и организациями, непосредственно выполняющими и обеспечивающими полеты. В настоящее время производственные

предприятия отрасли, ориентируясь на опасности, свойственные осуществляемым ими видам деятельности, создают собственные системы правил – системы управления безопасностью полетов. Большое значение в развитии нормативного управления безопасностью получила деятельность Международной организации гражданской авиации (ИКАО), которая, в частности определила систему соподчиненности международных, национальных и корпоративных требований.

Полнота и качество исполнения нормативных требований, в конечном счете, отражается на количестве авиационных событий и "особых ситуаций", возникающих в производственной деятельности предприятий гражданской авиации. Для осуществления полноценного контроля за успешностью выполнения многочисленных требований, устанавливаются ограничения по количеству повторений небезопасных событий, не препятствующих продолжению производственной деятельности. В случае превышения этих ограничений, деятельность, допускающая возникновение небезопасных событий, должна быть прекращена. Примером установления таких ограничений являются требования "Норм летной годности самолетов/вертолетов". Согласно этим требованиям любое отказное состояние (функциональный отказ) ВС, приводящее к возникновению:

- *катастрофической ситуации*, должно быть событием, не более частым, чем практически невероятное ($P_{КС}(0) \leq 10^{-9}$ на 1 ч полёта),
- *аварийной ситуации* – не более частым, чем крайне маловероятное ($P_{АС}(0) \leq 10^{-7}$ на 1 ч полёта),
- *сложной ситуации* – не более частым, чем маловероятное ($P_{СС}(0) \leq 10^{-5}$ на 1 ч полёта).

Для особых ситуаций, вызванных отказными состояниями, суммарные вероятности их возникновения для самолёта в целом должны ограничиваться следующими значениями:

- *катастрофической ситуации* - $P_{КС}(\Sigma) \leq 10^{-7}$ на 1 ч полёта,
- *аварийной ситуации* – $P_{АС}(\Sigma) \leq 10^{-6}$ на 1 ч полёта,
- *сложной ситуации* – $P_{СС}(\Sigma) \leq 10^{-4}$ на 1 ч полёта,
- *усложнения условий полёта* - $P_{УУП}(\Sigma) \leq 10^{-3}$ на 1 ч полёта.

В соответствии с требованиями стандартов ИКАО государственные органы гражданской авиации обязаны задать "приемлемые уровни" риска для каждого вида деятельности, осуществляемой в отрасли. Т.е. должна быть определена допустимая для каждого конкретного вида работ вероятность возникновения небезопасных (угрожающих безопасности полетов) событий, превышение которой может/должно привести к запрету выполнения деятельности, вызывающей такие события.

Обычно оценки показателей состояния безопасности полетов содержат большой элемент случайности, и оценить соответствие реального уровня безопасности полетов нормируемому можно только в вероятностном смысле. Это вызывает трудности в проведении такой сравнительной оценки и принятии

последующих решений о допустимости или недопустимости последующей деятельности.

Если справедливо предположение о пуассоновском законе распределения количества авиационных событий, то решение задачи сводится к статистическому сравнению оценочного значения параметра распределения a^* с нормируемым.

Примечание: Распределение по пуассоновскому закону предполагает в рассматриваемой задаче, что количество выполненных полетов не менее чем на два порядка превышает количество полетов, завершившихся авиационными событиями.

В эксплуатации нормированный уровень безопасности полетов типов ВС обычно задается частотой возникновения особых ситуаций – $Q_{OCн}$. В «Нормах летной годности самолетов транспортной категории» (АП-25) установлены предельные допустимые в эксплуатации частоты возникновения ОС, вызванных отказами функциональных систем ВС:

$Q_{ксн} = 10^{-7}$ на один час полета;

$Q_{асн} = 10^{-6}$ на один час полета;

$Q_{ссн} = 10^{-4}$ на один час полета;

$Q_{уупн} = 10^{-3}$ на один час полета.

Превышение этих пределов должно повлечь прекращение последующей эксплуатации типа ВС, на котором это превышение произошло.

Если оцениваемая деятельность за время t_{Σ} вызвала n_{OC} (все особые ситуации одного типа), то оценочный параметр распределения $a^* = n_{OC}$. Нормируемое значение этого параметра $a_n = t_{\Sigma} \cdot Q_{OCн}$. Распределение оценки a^* как случайной величины тесно связано с χ^2 распределением. Это позволяет выразить доверительный интервал для оценки a^* , а, следовательно, и для величины n_{OC} через значения χ^2 , которые задаются в виде таблицы в функции от уровня значимости α и степени свободы ν (Таблица 1).

При сравнении a^* и a_n проверяется нулевая гипотеза $a^* = a_n$ при одной из трех альтернативных гипотез:

$$a^* > a_n (Q_{OC} < Q_{OCн}); a^* < a_n (Q_{OC} > Q_{OCн}); a^* \neq a_n (Q_{OC} \neq Q_{OCн});$$

В первом случае нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости α , если:

$$a_n < \frac{1}{2} \chi^2_{1-\alpha}(\nu_1); \quad \nu_1 = 2 n_{OC};$$

Во втором случае нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости α , если:

$$a_n > \frac{1}{2} \chi^2_{\alpha}(\nu_2); \quad \nu_2 = 2 (n_{OC} + 1);$$

В третьем случае нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости α , если величина a_n не принадлежит доверительному интервалу с границами соответственно

$$\frac{1}{2} \chi^2_{1-\alpha}(\nu_1) \text{ и } \frac{1}{2} \chi^2_{\alpha}(\nu_2)$$

Первый и второй случай соответствуют принятию односторонних альтернативных гипотез, когда фактический уровень безопасности полетов соответствует нормируемому или больше (меньше) нормируемого. Третий случай соответствует принятию двусторонней альтернативной гипотезы, когда статистические данные не позволяют уверенно сделать вывод о том, больше или меньше нормируемого фактический уровень безопасности полетов.

Таблица 1 (распределения χ^2)

$\alpha \backslash v$	.995	.990	.975	.950	.900	.750	.500	.250	.100	.050	.025	.010	.005
1	$4 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$	10^{-5}	$4 \cdot 10^{-4}$	.016	.101	.454	1.32	2.71	3.84	5.02	6.63	7.88
2	.010	.020	.051	.103	.211	.58	1.39	2.77	4.61	5.99	7.38	9.21	10.60
3	.072	.115	.216	.352	.584	1.21	2.37	4.11	6.25	7.81	9.35	11.34	12.84
4	.207	.297	.484	.711	1.06	1.92	3.36	5.39	7.78	9.49	11.14	13.28	14.86
5	.412	.554	.831	1.15	1.61	2.67	4.35	6.63	9.24	11.07	12.83	15.09	16.75
6	.676	.872	1.24	1.64	2.20	3.45	5.35	7.84	10.64	12.59	14.45	16.81	18.55
7	.989	1.24	1.69	2.17	2.83	4.25	6.35	9.04	12.02	14.07	16.01	18.48	20.28
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	5.07	7.34	10.22	13.37	15.51	17.53	20.09	21.96
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	5.90	8.34	11.39	14.68	16.92	19.02	21.67	23.59
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	6.74	9.34	12.55	15.99	18.31	20.48	23.21	25.19
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	7.58	10.34	13.70	17.28	19.68	21.92	24.73	26.76
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	8.44	11.34	14.85	18.55	21.03	23.34	26.22	28.30
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	9.30	12.34	15.98	19.81	22.36	24.74	27.69	29.19
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	10.1	13.34	17.12	21.06	23.69	26.12	29.14	31.32
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	11.04	14.34	18.25	22.31	25.00	27.49	30.58	32.80
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	11.91	15.34	19.37	23.54	26.30	28.85	32.00	34.27
17	5.68	6.41	7.56	8.67	10.09	12.79	16.34	20.49	24.77	27.59	30.19	33.41	35.72
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	13.68	17.34	21.60	25.99	28.87	31.53	34.81	37.16
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	14.56	18.34	22.72	27.20	30.14	32.85	36.19	38.58
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	15.45	19.34	23.88	28.41	31.41	34.17	37.57	40.00
21	8.03	8.90	10.28	11.59	13.24	16.34	20.34	24.93	29.61	32.67	35.48	38.93	41.40
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	17.24	21.34	26.04	30.81	33.92	36.78	40.29	42.80
23	9.26	10.20	11.69	13.09	14.85	18.14	22.34	27.14	32.01	35.17	38.08	41.64	44.18
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	19.04	23.34	28.24	33.20	36.42	39.36	42.98	45.56
25	10.52	11.52	13.12	14.61	16.47	19.94	24.34	29.34	34.38	37.65	40.65	44.31	46.93
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	20.84	25.34	30.43	35.56	38.89	41.92	45.64	48.29
27	11.81	12.88	14.57	16.15	18.11	21.78	26.34	31.53	36.74	40.11	43.19	46.96	49.64
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	22.66	27.34	32.62	37.92	41.34	44.46	48.28	50.99
29	13.12	14.26	16.05	17.71	19.77	23.57	28.34	33.71	39.09	42.56	45.72	49.59	52.34
30	13.78	14.95	16.79	18.49	20.60	24.48	29.34	34.80	40.26	43.77	46.98	50.89	53.67
40	20.71	22.16	24.43	26.51	29.05	33.66	39.34	45.62	51.81	55.76	59.34	63.69	66.77
50	27.99	29.70	32.36	34.76	37.69	42.94	49.33	56.33	63.17	67.50	71.42	76.15	79.49
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	52.29	59.33	66.98	74.38	79.08	83.30	88.38	91.95
70	43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	61.70	69.33	77.58	85.53	90.53	95.02	100.4	104.2
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	71.14	79.33	88.13	96.58	101.9	106.6	112.3	116.3
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	80.62	89.33	98.65	107.6	113.1	118.1	124.1	128.3
100	67.32	70.06	74.22	77.93	82.36	90.13	99.33	109.1	118.5	124.3	129.6	135.8	140.2

Пример: Задано нормируемое значение частоты возникновения одной ОС $Q_{oc} = 1 \cdot 10^{-5}$. За время $t_{\Sigma} = 6 \cdot 10^5$ ч произошло 8 ОС. Установить, соответствует ли фактический уровень безопасности полетов нормируемому на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

В качестве альтернативной можно принять гипотезу:

$$a^* > a_n (Q_{OC} < Q_{OCn});$$

$$\text{Тогда } a_n = 6 \cdot 10^5 \cdot 10^{-5} = 6.$$

$$\text{По таблице определяется: } \chi^2_{0,95}(16) = 8.$$

$$\text{Так как в данном случае } a_n > \frac{1}{2} \chi^2_{0,95}(16),$$

то следует сделать вывод о соответствии уровня безопасности полетов нормируемому.

Если при проведении анализа соответствия состояния безопасности полетов нормируемому уровню, принять предположение о биномиальном законе распределения числа авиационных событий, то алгоритм оценки будет выглядеть иначе.

Биномиальное распределение - это распределение вероятностей возможных чисел появления события A (количество АС) при n независимых испытаниях (количество выполненных полетов), в каждом из которых событие A может осуществиться с одной и той же вероятностью $P(A) = p = \text{const}$. Кроме события A может произойти также противоположное событие \bar{A} , вероятность которого $P(\bar{A}) = 1 - p = q$.

Указанным условиям может отвечать оценка фактического уровня риска $Q^* = n_{AC} / N$, где N и n – соответственно число выполненных полетов и число АС за оцениваемый период времени.

Проверяемой (нулевой) гипотезой является гипотеза $Q = Q_n$ т.е. фактический уровень риска соответствует нормированному. Проверка осуществляется при одной из трех альтернативных гипотез: $Q > Q_n$; $Q < Q_n$; $Q \neq Q_n$;

В первом случае нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости α , если удовлетворяется неравенство:

$$P \left\{ F(v_1, v_2) < \frac{N - n_{AC} + 1}{n_{AC}} \times \frac{Q_n}{1 - Q_n} \right\} < \alpha$$

где $F(v_1, v_2)$ – значение функции распределения Фишера при числах свободы $v_1 = 2 n_{AC}$; $v_2 = 2(N - n_{AC} + 1)$.

Вероятность, вычисляемая по этой формуле, соответствует вероятности того, что реальное число АС может быть равным или больше числа включенных в проводимый анализ, авиационных событий.

Во втором случае нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости α , если удовлетворяется неравенство:

$$P \left\{ F(v_1, v_2) > \frac{N - n_{AC}}{n_{AC} + 1} \times \frac{Q_n}{1 - Q_n} \right\} < \alpha$$

где $v_1 = 2(n_{AC} + 1)$, $v_2 = 2(N - n_{AC})$.

Вероятность, вычисляемая по этой формуле, соответствует вероятности того, что число АС за контролируемый период могло быть равно или меньше числа, включенных в анализ, событий.

В третьем случае нулевая гипотеза на уровне значимости α отвергается, если нормированное значение Q_n находится вне доверительного интервала с границами:

$$Q_1 = \frac{n_{AC}}{n_{AC} + N - n_{AC} + 1 F(v_1, v_2)}$$

где $v_1 = 2(N - n_{AC} + 1)$, $v_2 = 2 n_{AC}$;

$$Q_2 = \frac{(n_{AC} + 1)F(v_1, v_2)}{N - n_{AC} + n_{AC} + 1 F(v_1, v_2)}$$

где $v_1 = 2(n_{AC} + 1)$, $v_2 = 2(N - n_{AC})$.

Пример:

Заданный нормированный уровень риска $Q_n = 10^{-5}$.

При выполнении $3 \cdot 10^5$ полетов произошло 4 однотипных АС. Требуется сделать заключение о соответствии фактического уровня безопасности полетов нормируемому на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Если в качестве альтернативной принять гипотезу $Q > Q_n$ и произвести вычисления:

$$P\{F(v_1, v_2) < \frac{3 \times 10^5 - 4 + 1}{4} \times \frac{10^{-5}}{1 - 10^{-5}}\} = P\{F(8, \infty) < 0,75\} = P\{F(\infty, 8) > 1,33\}.$$

По таблицам : $F_{0,95}(\infty, 8) = 2,93$.

Следовательно, $P(n_{AC} \geq 4) > 0,05$.

Это может означать, что значимого расхождения между фактическим уровнем безопасности полетов и нормированным нет.

3. ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ПОРЯДОК ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

3.1 Цель лабораторной работы "ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ СОСТОЯНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ НОРМИРОВАННОМУ УРОВНЮ" состоит в следующем:

- Закрепление лекционного материала раздела учебной программы "Основы анализа надежности технических систем в целях управления их безопасностью";
- Освоение практических навыков и приемов работы с пакетом MatCAD;
- Освоение практических навыков проведения сравнительного анализа с целью подготовки заключения о соответствии объекта контроля нормативным требованиям.

Содержание занятия. Порядок выполнения работы.

- Ознакомление с общими задачами управления безопасностью полетов в ГА.
- Ознакомление с алгоритмами анализа состояния безопасности полетов в ГА и планированием мер по предотвращению АП.
- Ознакомление с возможностями пакета MatCAD для решения инженерных задач

- Формирование у студентов навыков работы на ПК и выполнение расчетов.
- Анализ результатов.
- Контрольный опрос и подведение итогов.

4. ОБОРУДОВАНИЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ИСПОЛЬЗУЕМОЕ В РАБОТЕ

Для проведения инженерных расчетов удобные возможности предоставляет математически ориентированная универсальная система MathCAD, принадлежащая (несмотря на простоту ее использования) к классу систем автоматизированного проектирования.

ОСНОВЫ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА MATHCAD.

Под интерфейсом пользователя подразумевается совокупность средств графической оболочки MathCAD, обеспечивающих легкое управление системой как с клавишного пульта, так и с помощью мыши. Под управлением понимается и просто набор необходимых символов, формул, текстовых комментариев и т. д., и возможность полной подготовки в среде MathCAD документов (WorkSheets) с последующим их запуском в реальном времени.

Пользовательский интерфейс системы напоминает интерфейс широко известных текстовых процессоров Word под Windows. Это позволило сократить описание общепринятых для Windows -приложений деталей работы с ними.

ОКНО РЕДАКТИРОВАНИЯ

Сразу после запуска система готова к созданию документа с необходимыми пользователю вычислениями. Первое окно панели инструментов New WorkSheet позволяет начать подготовку нового документа. Соответствующее ему окно редактирования получает название Untitled:N, где N — порядковый номер документа, который начинается с цифры 1.

Если в систему с помощью второй кнопки загружен файл документа, то последний появится в окне редактирования. Для устранения панелей служат опции в главном меню, находящиеся в подменю позиции **View**.

Некоторые типовые примеры вычислений в среде системы MathCAD . Первое, что характерно для работы в MathCAD — естественность записи математических выражений и результатов их вычислений, что является главной отличительной чертой этой системы.

Основную часть экрана занимает окно редактирования, первоначально пустое. Полосы прокрутки на нижней и правой кромке текущего окна предназначены для перемещения изображения на экране по горизонтали и вертикали.

Верхняя строка — титульная. Она отображает название загруженного или вводимого с клавиатуры документа.

Нажатие правой клавиши мыши вызывает появление контекстно-зависимого меню. Позиции этого меню могут сильно отличаться от того, в каком режиме

работает система и в каком месте был установлен курсор мыши перед нажатием правой ее клавиши. Это свойство MathCAD — такая возможность предусмотрена в качестве элемента пользовательского интерфейса.

Вторая строка окна системы — главное меню. Работа с документами MathCAD обычно не требует обязательного использования возможностей главного меню, так как основные из них дублируются кнопками быстрого управления. Панели (строки) с ними находятся под строкой главного меню. Их можно выводить на экран или убирать с него с помощью соответствующих опций позиции View (Вид) главного меню Windows.

Обычно имеются две такие панели: панель инструментов (дублирующая ряд наиболее распространенных команд и операций) и панель форматирования для выбора типа и размера шрифтов и способа выравнивания текстовых комментариев.

НАБОРНЫЕ ПАНЕЛИ

В качестве основного рабочего инструмента в системе MathCAD используются удобные перемещаемые наборные панели (в оригинале *Palettes* — палитры) со знаками выполняемых операций. Они служат для вывода заготовок — шаблонов математических знаков (цифр, знаков арифметических операций, матриц, знаков интегралов, производных и т. д.).

Кнопки вывода наборных панелей занимают пятую сверху строку окна системы. Наборные панели появляются в окне редактирования документов при активизации соответствующих пиктограмм.

Панель выбора математических символов и операторов, как и другие панели, может быть смещена со своего места и представлена не только в виде линейного, но и иного расположения кнопок. Для перемещения панелей надо уцепиться за промежутки между кнопками панелей, нажав левую клавишу мыши, перетягивать их в нужное место.

С помощью наборных панелей можно вводить в документы практически все известные математические символы и операторы. Их так много, что вывод всех панелей обычно бесполезен, так как в окне редактирования не остается места для подготовки документов. Поэтому рекомендуется неиспользуемые в данное время панели закрывать, активизируя кнопку в конце их титульной строки с названием панели.

Панели операторов и символов можно располагать в удобном месте окна редактирования, причем пользоваться сразу несколькими панелями.

Используя общую наборную панель, можно вывести или все панели сразу, или только те, что нужны для работы. Для установки с их помощью необходимого шаблона (объекта) достаточно поместить курсор в желаемое место окна редактирования (красный крестик на цветном дисплее) и затем активизировать пиктограмму нужного шаблона, установив на него курсор мыши и нажав ее левую клавишу.

Применение панелей для выбора шаблонов математических знаков очень удобно, поскольку не надо запоминать разнообразные сочетания клавиш, используемые для ввода специальных математических символов.

Любую панель с математическими знаками можно переместить в удобное место экрана, уцепившись за ее верхнюю часть курсором мыши. Перемещая панель, левую клавишу мыши нужно держать нажатой. В верхнем левом углу каждой наборной панели помещена единственная маленькая кнопка с жирным знаком минуса, служащая для устранения панели с экрана, как только она становится ненужной.

Большинство кнопок на панелях выводят общепринятые и специальные математические знаки и операторы, помещая их шаблоны в место расположения курсора на документе.

Третью строку окна системы занимает панель инструментов (**Toolbox**). Она содержит несколько групп кнопок управления с пиктограммами, каждая из которых дублирует одну из операций главного меню. Глядя на эти пиктограммы, можно легко уяснить их функции. Если остановить курсор мыши на любой из этих пиктограмм, то в желтом окне появится текст, объясняющий функции пиктограммы.

Панель инструментов тоже можно мышью превратить в наборную панель и поместить в любое место экрана. Ее можно закрыть с помощью кнопки с жирным минусом. Так интерфейс системы модифицируется и пользователь может подстроить его под свой вкус.

КНОПКИ ОПЕРАЦИЙ С ФАЙЛАМИ

Документы системы MathCAD являются файлами, т.е. имеющими имена блоками хранения информации на магнитных дисках. Файлы можно создавать, загружать (открывать), записывать и распечатывать на принтере. Возможные операции с файлами представлены в панели инструментов первой группой из трех кнопок:

New Worksheet (Создать) — создание нового документа с очисткой окна редактирования;

Open Worksheet (Открыть) — загрузка ранее созданного документа из диалогового окна;

Save Worksheet (Сохранить) — запись текущего документа с его именем.

КНОПКИ ОПЕРАЦИЙ РЕДАКТИРОВАНИЯ

Во время подготовки документов их приходится видоизменять и дополнять — редактировать. Следующие четыре кнопки служат для выполнения операций редактирования документов:

Cut (Вырезать) — перенос выделенной части документа в буфер обмена (Clipboard) с очисткой этой части документа;

Copy (Копировать) — копирование выделенной части документа в буфер обмена с сохранением выделенной части документа;

Paste (Вставить) — перенос содержимого буфера обмена в окно редактирования на место, указанное курсором мыши;

Undo (Отменить) — отмена предшествующей операции редактирования.

Три последние операции связаны с применением буфера обмена. Его возможности и назначение хорошо известны пользователям и Windows. Он предназначен для временного хранения данных и их переноса из одной части документа в другую либо для организации обмена данными между различными приложениями.

КНОПКИ РАЗМЕЩЕНИЯ БЛОКОВ

Документы состоят из различных блоков: текстовых, формульных, графических и т. д. Блоки просматриваются системой, интерпретируются и исполняются. Просмотр идет справа налево и снизу вверх. Две операции размещения блоков представлены кнопками следующей группы:

Align Across (Выровнять по горизонтали) — блоки выравниваются по горизонтали;

Align Down (Выровнять вниз) — блоки выравниваются по вертикали, располагаясь сверху вниз.

Пиктограммы этих кнопок изображают блоки и указанные варианты их размещения. Определенное размещение блоков в некоторых случаях имеет важное значение. Например, если необходимо разместить результат операции в одной строке с заданием на операцию.

КНОПКИ ОПЕРАЦИЙ С ВЫРАЖЕНИЯМИ.

Формульные блоки часто являются вычисляемыми выражениями или выражениями, входящими в состав заданных пользователем новых функций. Для работы с выражениями служат пиктограммы:

Insert Function – вставка функции из списка, появляющегося в диалоговом окне;

Insert Utit – вставка единиц измерения;

Calculate – вычисление выделенного выражения.

MathCad имеет множество встроенных функций, от элементарных до сложных статистических и специальных математических. Синтаксис их записи может забываться. Поэтому возможность вставки функции с помощью кнопки **Insert Function** очень удобна. Другая кнопка, **Insert Utit** позволяет вставить нужную единицу измерения.

Если документы большие, то при их изменениях не всегда требуется запускать вычисления с самого начала. Операция **Calculate** (Пересчитать) позволяет запускать вычисления для выделения блоков, что уменьшает время вычислений.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- Выполнить контрольные примеры расчетов с использованием системы MathCAD по индивидуальным заданиям преподавателя. Примеры индивидуальных заданий приведены в Приложении 1. Результаты расчетов предъявить преподавателю на экране монитора.

- Провести с использованием возможностей MathCAD расчет критериев безопасности (согласно заданному варианту) и обосновать заключение о соответствии нормируемому уровню.

Варианты заданий
При уровне значимости $\alpha=0,05$

Вариант	Фактические значения параметров	Нормированный показатель
1	$T_{\phi}=4 \times 10^4$; $n_{\text{АИ}}=3$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
2	$T_{\phi}=5 \times 10^4$; $n_{\text{АИ}}=7$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
3	$T_{\phi}=3 \times 10^5$; $n_{\text{АИ}}=8$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
4	$T_{\phi}=4 \times 10^6$; $n_{\text{АИ}}=5$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
5	$T_{\phi}=6 \times 10^4$; $n_{\text{АИ}}=13$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
6	$T_{\phi}=3 \times 10^3$; $n_{\text{АИ}}=5$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
7	$T_{\phi}=4 \times 10^3$; $n_{\text{АИ}}=3$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
8	$T_{\phi}=10 \times 10^4$; $n_{\text{АИ}}=6$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
9	$T_{\phi}=14 \times 10^4$; $n_{\text{АИ}}=18$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$
10	$T_{\phi}=0,4 \times 10^4$; $n_{\text{АИ}}=3$;	$Q_H=1 \times 10^5 \text{ ч}$

Контрольные вопросы.

Что включает понятие авиационное событие?

Что может вызвать "особую ситуацию"?

В чем необходимость установления "приемлемых уровней" безопасности?

Как осуществляется ввод числовой и буквенной информации в MatCAD?

Как осуществить в MatCAD интегрирование системы дифференциальных уравнений?

Какой процедурой можно реализовать работу генератора случайных чисел?

Что может стать основанием для признания работы авиапредприятия безопасной?

Литература

1. Безопасность полетов летательных аппаратов под редакцией В.С. Иванова, Изд ВВИА им. Жуковского. М.:2003г
2. В.П. Дьяконов, Справочник по MathCad. Универсальная система математических расчетов, М., изд. СК пресс, 2008г
3. Руководство по управлению безопасностью полетов. Издание 3. ICAO/ Doc.9859, 2012

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

"РАНЖИРОВАНИЕ (УПОРЯДОЧИВАНИЕ) ФАКТОРОВ АВИАЦИОННЫХ СОБЫТИЙ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ"

Важной задачей эффективного управления безопасностью полетов является своевременное выявление факторов, оказывающих наибольшее влияние на уровень безопасности полетов. По этим факторам разрабатываются и проводятся первоочередные мероприятия, направленные на устранение наиболее значимых источников опасностей, на повышение безопасности полетов.

Задача установления приоритетных направлений работ может быть представлена как задача упорядочивания (ранжирования) всей совокупности факторов, которые оказали влияние на возникновение и развитие авиационных событий или "особых ситуаций". Каждый из таких факторов в эксплуатации обычно неоднократно повторяется, вызывая различные последствия. Частота или интенсивность повторения таких факторов, тяжесть последствий, которые они могут вызывать, определяют степень их опасности и могут служить ориентиром в планировании и осуществлении мер по предотвращению авиационных происшествий.

Вместе с этим, появляются основания использовать для решения задачи ранжирования (упорядочивания) факторов АС или ОС методы статистического сравнения.

Если выбрать в качестве критерия опасности фактора уровень риска

$$Q = \frac{n}{N}$$

где N и n – соответственно количество выполненных полетов (или суммарный налет) и количество полетов из этого числа, завершившихся АС. Тогда влияние факторов i и j на безопасность полетов можно оценить по количеству АС одного вида, в которых отмечены эти факторы - n_i и n_j . Причем, если $n_j > n_i$ это не означает, что j -й фактор более опасен (более аварийен), чем i -й в силу того, что n_i и n_j являются случайными числами.

Для установления реального отношения между случайными величинами в математической статистике разработан критерий статистического сравнения:

$$u = \sqrt{2} \cdot \left(\sqrt{n_j - \frac{1}{2}} - \sqrt{n_i + \frac{1}{2}} \right);$$

Для случайной величины u назначается критическая граница $u_{кр} = u_{1-\alpha}$ на определенном уровне значимости α . Величина α имеет смысл вероятности отвергнуть проверяемую гипотезу $Q_j = Q_i$ в то время как она в действительности верна. Обычно $\alpha = 0,01 \dots 0,1$. При $\alpha = 0,05$ величина $u_{1-0,05} = 1,64$.

Если u превышает критическую границу $u_{1-\alpha}$ т.е. $u > u_{1-\alpha}$ то принимается гипотеза $Q_j > Q_i$, а если $u < u_{1-\alpha}$ то принимается гипотеза $Q_j = Q_i$. Принятие одной из этих гипотез со степенью достоверности $1 - \alpha$ (доверительной вероятностью) обосновывает вывод о случайности или закономерности начального отношения

$n_j > n_i$.

По приведенной процедуре можно попарно сравнить и упорядочить все n факторов, проявившиеся в авиационных событиях. Число таких сравнений m :

$$m = \sum_{v=1}^{n-1} n - v;$$

Результаты попарного сравнения всех факторов могут быть сведены в специальную таблицу:

Фактор	1	2	...	i	...	j	...	n	Σ
1	-	-1	...	1	...	0	...	0	0
2	1	-	...	-1	...	0	...	-1	-1
\vdots	-
i	-1	1	...	-	...	-1	...	0	-1
\vdots	-
j	0	0	...	1	...	-	...	1	2
\vdots	-
n	0	1	...	0	...	-1	...	-	0

В каждую ячейку ij таблицы заносятся следующие значения:

0, если $Q_i = Q_j$;

-1, если $Q_i > Q_j$;

1, если $Q_i < Q_j$.

По этому правилу заполняют ячейки таблицы, расположенные справа от главной диагонали. В ячейки на самой диагонали ставят прочерки - фактор сам с собой не сравнивается. Слева от главной диагонали значения в ячейках равны значениям, расположенным симметрично, справа от диагонали, но имеют противоположные знаки (в случае, если число в ячейке отлично от нуля). Упорядочивание факторов производится в соответствии с алгебраическими суммами баллов, полученных путем построчного сложения содержимого таблицы. Наиболее аварийному фактору соответствует наименьшая алгебраическая сумма.

Если требуется провести упорядочивание по степени опасности причин АС, используя критерий:

$$s = \frac{n_{АП}}{n_{АП} + n_{АИ}},$$

(где $n_{АП}$ - количество авиационных происшествий, $n_{АИ}$ - количество авиационных инцидентов), то в этом случае статистическое сравнение факторов i и j по степени их опасности s_i и s_j может быть произведено на основе критерия точной вероятности Фишера.

Для вычисления критерия данные статистики представляются матрицей 2x2:

$$\begin{vmatrix} n_{iAP} & n_{iAI} \\ n_{jAP} & n_{jAI} \end{vmatrix}$$

Если хотя бы один из элементов матрицы равен нулю, то точная вероятность появления полученных данных при правильности гипотезы H_0 (различия между факторами по степени их опасности нет):

$$PO(H_0) = \frac{C_{n_{iAP}+n_{jAP}}^{n_{iAP}} \cdot C_{n_{iAI}+n_{jAI}}^{n_{iAI}}}{C_{n_{iAP}+n_{jAP}+n_{iAI}+n_{jAI}}^{n_{iAP}+n_{iAI}}} \quad C_k^r = \frac{k!}{r!(k-r)!}$$

Если ни один из элементов матрицы не равен нулю, то составляют серию экстремальных матриц 1,2...k пока в k-й матрице один из ее элементов не станет равным нулю.

$$\begin{vmatrix} n_{iAP}-1 & n_{iAI}+1 \\ n_{jAP}+1 & n_{jAI}-1 \end{vmatrix} \rightarrow \begin{vmatrix} n_{iAP}-2 & n_{iAI}+2 \\ n_{jAP}+2 & n_{jAI}-2 \end{vmatrix}$$

Тогда точная вероятность:

$$P(H_0) = P_0 + P_1 + \dots + P_k.$$

Для расчета P_1, \dots, P_k могут быть использованы рекуррентные формулы:

$$P_1 = P_0 \frac{n_{iAP} \cdot n_{jAI}}{n_{iAI}+1 \cdot (n_{jAP}+1)};$$

$$P_k = P_{k-1} \cdot \frac{n_{iAP} - (k-1) \cdot n_{jAI} - k(k-1)}{n_{iAI}+k \cdot (n_{jAP}+k)};$$

Гипотеза о равенстве $s_j = s_i$ принимается, если $P(H_0) > \alpha$, где α - выбранный уровень значимости, и отвергается, если $P(H_0) < \alpha$. Обычно $\alpha = 0,01 \dots 0,1$.

Пример

В течение отчетного периода на одном типе ВС произошло 17 авиационных событий (5 AP и 12 AI) одним из факторов которых был отказ двигателя. За это же время на этом же типе ВС имело место 26 AC (2 AP и 24 AI), в которых установлен отказ системы управления ВС.

Необходимо оценить на уровне значимости $\alpha=0,05$, является закономерным различие в степенях опасности отказов двигателя и системы управления или это случайное соотношение.

Данные статистики представляются матрицей 2x2:

$$\begin{vmatrix} n_{iAP} & n_{iAI} \\ n_{jAP} & n_{jAI} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 2 & 24 \\ 5 & 12 \end{vmatrix}$$

На основании исходной матрицы составляют две экстремальные:

$$\begin{vmatrix} 1 & 25 \\ 6 & 11 \end{vmatrix} \rightarrow \begin{vmatrix} 0 & 26 \\ 7 & 10 \end{vmatrix}$$

Для каждой матрицы вычисляется вероятность $P_i (i=0,1,2)$; Далее по приведенным формулам вычисляется $P_0 = C_7^2 C_{36}^{24} / C_{43}^{26} = 0,624 \cdot 10^{-2}$. По рекуррентным формулам вычисляются дополнительные члены точной вероятности Фишера:

$$P_1 = 0,624 \cdot 10 \frac{2 \cdot 12}{25 \cdot 6} = 0,001; \quad P_2 = 0,001 \frac{1 \cdot 11}{26 \cdot 7} = 0,0006.$$

Тогда точная вероятность Фишера:

$$P(H_0) = 0,00624 + 0,001 + 0,0006 = 0,0073.$$

Т.к. $P(H_0) < 0,05$, то можно принять гипотезу о том, что отказы двигателя значимо более опасны, чем отказы системы управления самолетом.

3.ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ПОРЯДОК ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

3.1 Цель лабораторной работы "РАНЖИРОВАНИЕ (УПОРЯДОЧИВАНИЕ) ФАКТОРОВ АВИАЦИОННЫХ СОБЫТИЙ ПО СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ" состоит в следующем:

- Закрепление лекционного материала раздела учебной программы "Механизмы регулирования промышленной и транспортной безопасности";
- Освоение практических навыков и приемов работы с пакетом MatCAD;
- Освоение практических навыков проведения сравнительного анализа с целью упорядочивания факторов авиационных событий по степени опасности.

Содержание занятия. Порядок выполнения работы.

- Ознакомление с алгоритмами упорядочивания факторов авиационных событий по степени опасности.
- Ознакомление с типовыми примерами планов мероприятий по повышению безопасности полетов.
- Ознакомление с возможностями пакета MatCAD для решения инженерных задач
- Формирование у студентов навыков работы на ПК и выполнение расчетов.

- Анализ результатов.

Контрольный опрос и подведение итогов.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- Оценить на уровне значимости $\alpha=0,05$, закономерность различий в степени опасности двух сравниваемых факторов. Варианты сравниваемых факторов приведены в таблице.
- Провести с использованием ресурсов пакета MathCAD расчет критериев безопасности (согласно заданному варианту) и обосновать заключение о соответствии нормируемому уровню

Таблица вариантов к лабораторной работе №2

	Номер варианта:
$n_{1AI}=4; n_{2AI}=6; n_{3AI}=5; N=1 \times 10^4;$	1
$n_{1AI}=4; n_{2AI}=6; n_{1AP}=5; n_{2AP}=1;$	2
$n_{1AI}=14; n_{2AI}=8; n_{3AI}=7; N=1 \times 10^4;$	3
$n_{1AI}=12; n_{2AI}=16; n_{1AP}=5; n_{2AP}=1;$	4
$n_{1AI}=4; n_{2AI}=6; n_{1AP}=5; n_{2AP}=1;$	5
$n_{1AI}=11; n_{2AI}=8; n_{1AP}=5; n_{2AP}=1;$	6
$n_{1AI}=2; n_{2AI}=6; n_{1AP}=5; n_{2AP}=0;$	7
$n_{1AI}=10; n_{2AI}=6; n_{1AP}=0; n_{2AP}=1;$	8

Контрольные вопросы.

Что включает управление безопасностью полетов?

Что может вызвать "особую ситуацию"?

В чем необходимость ранжирования факторов аварийности?

Как осуществляется ввод числовой и буквенной информации в MatCAD?

Как осуществить в MatCAD интегрирование системы дифференциальных уравнений?

Какой процедурой можно реализовать работу генератора случайных чисел?

Известные Вам алгоритмы определения приоритетных направлений работ в сфере безопасности полетов?

Литература

1. Безопасность полетов летательных аппаратов под редакцией В.С. Иванова, Изд ВВИА им. Жуковского, М.:2003г

2. В.П. Дьяконов, Справочник по MathCad. Универсальная система математических расчетов, М., изд. СК пресс, 2008г

3. Руководство по управлению безопасностью полетов. Издание 3. ICAO/ Doc.9859, 2012

Mathcad - [1]

Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты Символика Окно Справка

Normal Arial 10 75%

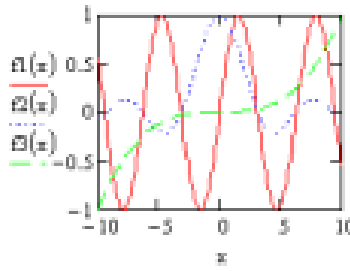
Мой сайт

Лабораторная работа №1

Основные вычислительные возможности пакета MathCad

Вычислить значение функций и построить их графики

Для $x := -10, -9.9..10$ (Диапазон изменения аргумента)

$$f(x) := \sin(x) \quad g(x) := \frac{\sin(x)}{x} \quad h(x) := \frac{x^3}{1000}$$


Найти значение выражений

$$\sin(1) = 0.841 \quad \text{Для } \alpha := 2 \quad \beta := 3 \quad \gamma := 4 \quad \text{найти} \quad \frac{(\alpha + \beta)^2}{\gamma} = 6.25$$

$$\ln(2) = 0.693$$

$$e^1 = 2.718$$

Для $i := 1..5$ найти $\sum_i i^2 = 55$ $i^2 =$

1
4
9
16
25

Вычислить $\int_0^1 \sqrt{2x+1} dx = 1.399$

Нажмите F1 для справки.

Mathcad - [1]

Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты Символика Окно Справка

Normal Arial 10 **B** *I* U 75% ?

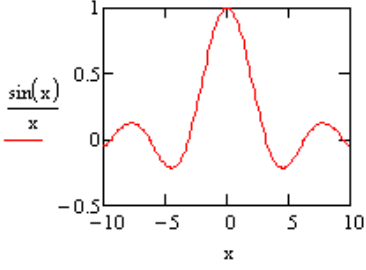
Мой сайт Go

Для $x := 1$ найти

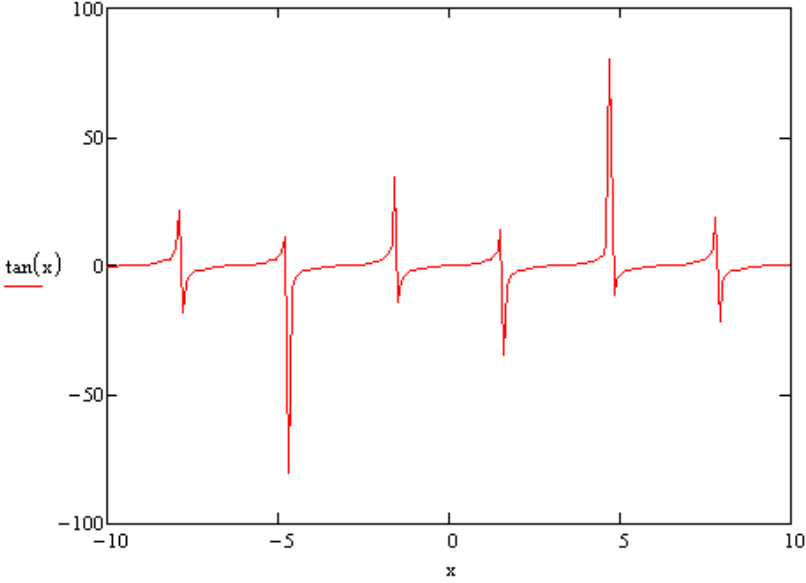
$$\frac{d}{dx} \sin(x) = 0.54$$

$$\cos(1) = 0.54$$

Построить для $x := -10, -9.9..10$ $\tan(x)$ и $\sin(x)/x$

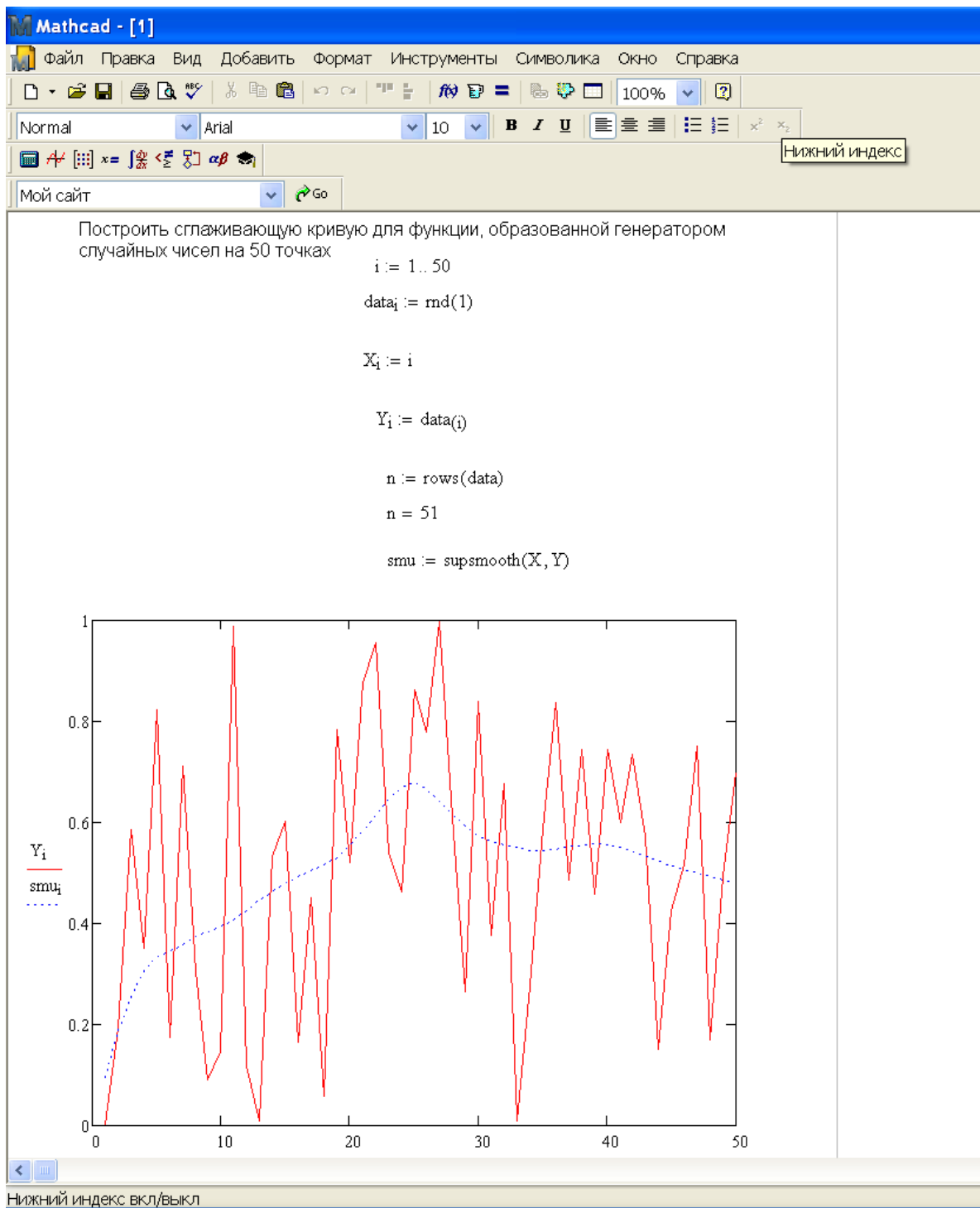


The graph shows the function $\frac{\sin(x)}{x}$ plotted against x . The x-axis ranges from -10 to 10 with major ticks at -10, -5, 0, 5, and 10. The y-axis ranges from -0.5 to 1 with major ticks at -0.5, 0, 0.5, and 1. The curve is symmetric about the y-axis, with a maximum value of 1 at $x = 0$ and oscillating with decreasing amplitude as $|x|$ increases.



The graph shows the function $\tan(x)$ plotted against x . The x-axis ranges from -10 to 10 with major ticks at -10, -5, 0, 5, and 10. The y-axis ranges from -100 to 100 with major ticks at -100, -50, 0, 50, and 100. The function has vertical asymptotes at $x = \pm\pi/2 \approx \pm 1.57$, $\pm 3\pi/2 \approx \pm 4.71$, and $\pm 5\pi/2 \approx \pm 7.85$. The graph shows the characteristic periodic behavior of the tangent function with sharp spikes at the asymptotes.

Нажмите F1 для справки.



Mathcad - [1]

Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты Символика Окно Справка

Normal Arial 10 B I U

Мой сайт Go

Решить систему обыкновенных дифференциальных уравнений (1) для коэффициентов μ и матрицы начальных условий x

$$\mu := -1$$

$$x := \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$D(t, x) := \begin{bmatrix} \mu \cdot x_0 - x_1 - [(x_0)^2 + (x_1)^2] \cdot x_0 \\ \mu \cdot x_1 + x_0 - [(x_0)^2 + (x_1)^2] \cdot x_1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$Z := \text{rkfixed}(x, 0, 20, 100, D)$$

$$\underline{\mu} := 0..99$$

Значение $Z_{n,1}$ на графике.

Лабораторный практикум - Microsoft Word

пущ УМКД_фин Лаб.практикум... Mathcad - [1]