

В период пуска аппарата температурное воздействие на трубчатый элемент отсутствует. Результаты расчета показывают, что трубчатый элемент в пусковом режиме работает в упругой стадии. На рисунке 2 представлены графики интенсивности напряжений в точках внутренней и наружной поверхностей элемента. Максимальная величина интенсивности напряжений достигает значения $\sigma_i^{\max} = 92,1$ МПа в точках внутренней поверхности трубчатого элемента.

В штатном режиме температура наружной поверхности трубчатого элемента $T_{\text{нар}} = 150$ °С, температура внутренней поверхности равна $T_{\text{вн}} = 100$ °С. На рисунке 3 представлены графики интенсивности напряжений в точках внутренней и наружной поверхностях элемента при работе аппарата в штатном режиме.

Результаты расчета показывают, что пластические деформации развиваются в узких зонах трубчатого элемента примыкающих к сварным соединениям с элементами конструкции корпуса аппарата. Длина пластических зон на наружной поверхности трубчатого элемента составляет 4 мм, на внутренней поверхности – 1,5 мм. Максимальная величина интенсивности деформаций достигает величины $\varepsilon_i^{\max} = 0,0154$ в точках наружной поверхности элемента.

Литература

1. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
2. Термопрочность деталей машин. Под ред. И.А. Биргера и Б.Ф. Шорра. – М.: Машиностроение, 1975. – 456 с.

Программное обеспечение компьютерного мониторинга несущей способности и ресурса трубчатых элементов конструкций

д.т.н. проф. Луганцев Л.Д., Черненко М.О.
Университет машиностроения
8(499)257-16-33

Аннотация. Дается описание программного комплекса, предназначенного для компьютерного мониторинга несущей способности и ресурса трубчатых элементов конструкций, работающих в условиях малоциклового нагружения.

Ключевые слова: трубчатый элемент, накопление повреждений, компьютерный мониторинг, ресурс конструкции.

Аварийные ситуации, связанные с отказами технологического оборудования нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств, могут послужить причиной серьезных экологических катастроф. Длительность процессов накопления повреждений в конструкционном материале определяется условиями эксплуатации, а поврежденность материала не может быть выявлена традиционными методами неразрушающего контроля. Постепенно развивающиеся процессы накопления повреждений могут привести к внезапным отказам. В таких условиях эффективный компьютерный мониторинг должен предусматривать непрерывное наблюдение за состоянием технологического оборудования. Практическая невозможность исследования остаточного ресурса с помощью неразрушающих средств контроля определяет актуальность развития методов компьютерного моделирования процессов накопления повреждений, основанных на положениях механики упругопластической сплошной среды с учетом истории нагружения и изменения механических свойств конструкционного материала.

Исследования в области повышения надежности и ресурса аппаратов, работающих под давлением, трудоемкие и дорогостоящие, при условии проведения натурных испытаний. Использование достоверных и достаточно точных математических методов и алгоритмов позволяет создавать программные продукты, позволяющие существенно уменьшить материальные и временные затраты на такие исследования.

В работе [1] предложен метод компьютерного анализа кинетики упругопластического деформирования несущей способности и ресурса трубчатых элементов конструкций, работающих в условиях повторных термомеханических воздействий. Трубчатый элемент рассматривали как тонкостенную цилиндрическую оболочку, нагруженную внутренним давлением q и осевым усилием P при температурном воздействии T . Полагали, что внешние нагрузки и температурное поле изменяются во времени независимо друг от друга и вызывают циклическое упругопластическое деформирование оболочки.

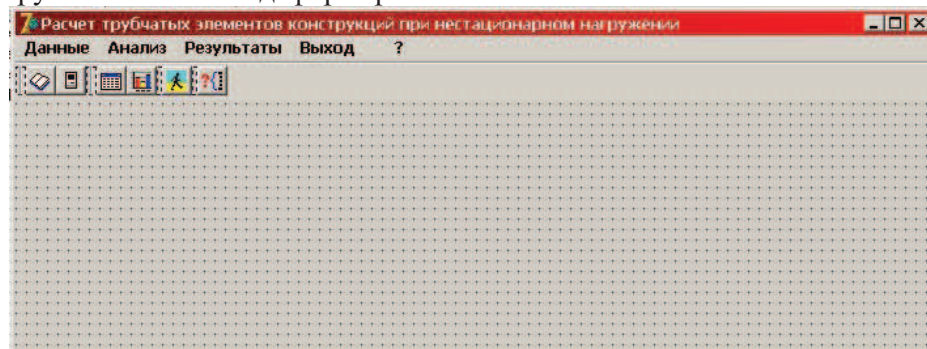


Рисунок 1. Главное окно системы

На основе предложенного метода разработан программный комплекс «LifeCycle», позволяющий в режиме реального времени осуществлять мониторинг накопления повреждений по заданной программе нагружения, прогнозировать остаточный ресурс и долговечность изделий.

Программный комплекс «LifeCycle» включает в себя следующие подсистемы:

- подсистему синтеза программы нагружения трубчатого элемента,
- подсистему численного анализа,
- подсистему визуализации процесса упругопластического деформирования изделия,
- подсистему постпроцессорной обработки данных.

Главное окно системы «LifeCycle» (рисунок 1) содержит следующие элементы управления:

- основное меню системы,
- инструментальную панель.

Основное меню системы содержит пункты:

- Данные,
- Анализ,
- Результаты,
- Выход,
- ?

Пункт основного меню «Результаты» является точкой входа в соответствующее выпадающее меню. Инструментальная панель содержит кнопки управления, дублирующие действия пунктов основного меню системы.

Пункт основного меню «Данные» осуществляет переход в подсистему синтеза программы нагружения трубчатого элемента.

Пункт основного меню «Анализ» осуществляет переход в подсистему численного анализа и запускает процедуру расчета.

Выпадающее меню «Результаты» содержит следующие пункты.

«Таблицы». Выбирая соответствующий пункт выпадающего меню, пользователь получает возможность просмотра, вывода в файл или печати результатов численного анализа трубчатого элемента.

«Графики». Выбор этого пункта позволяет вызвать для просмотра, а также для печати или вывода в файл графиков накопления повреждений.

Выбор пункта «Выход» основного меню обеспечивает выход из системы.

Выпадающее меню «?» содержит пункт «About ...», который вызывает на экран форму с информацией о системе.

Работа с программным комплексом «LifeCycle» предусматривает выполнение следующих операций.

После запуска программы на экране открывается заставка программного продукта. Нажимаем кнопку «ОК» и попадаем в главное окно системы (рисунок 1).

Выбираем пункт «Данные» и переходим в окно «Синтез программы нагружения трубчатого элемента» (рисунок 2). Выбираем конструкцию для расчета – трубопровод или теплообменный аппарат. Вводим геометрические параметры элемента (диаметр и толщину стенки элемента). Материал трубчатого элемента выбираем из раскрывающегося списка «Конструкционный материал».

Для ввода параметров режима нагружения нажимаем кнопку «Добавить...» и переходим в окно «Ввод параметров режима нагружения». В этом окне назначаем диапазоны изменения параметров нагрузки для данного режима нагружения (внутреннего давления, осевого усилия, температуры), как показано на рисунке 3, а также число полуциклов нагружения на данном этапе.

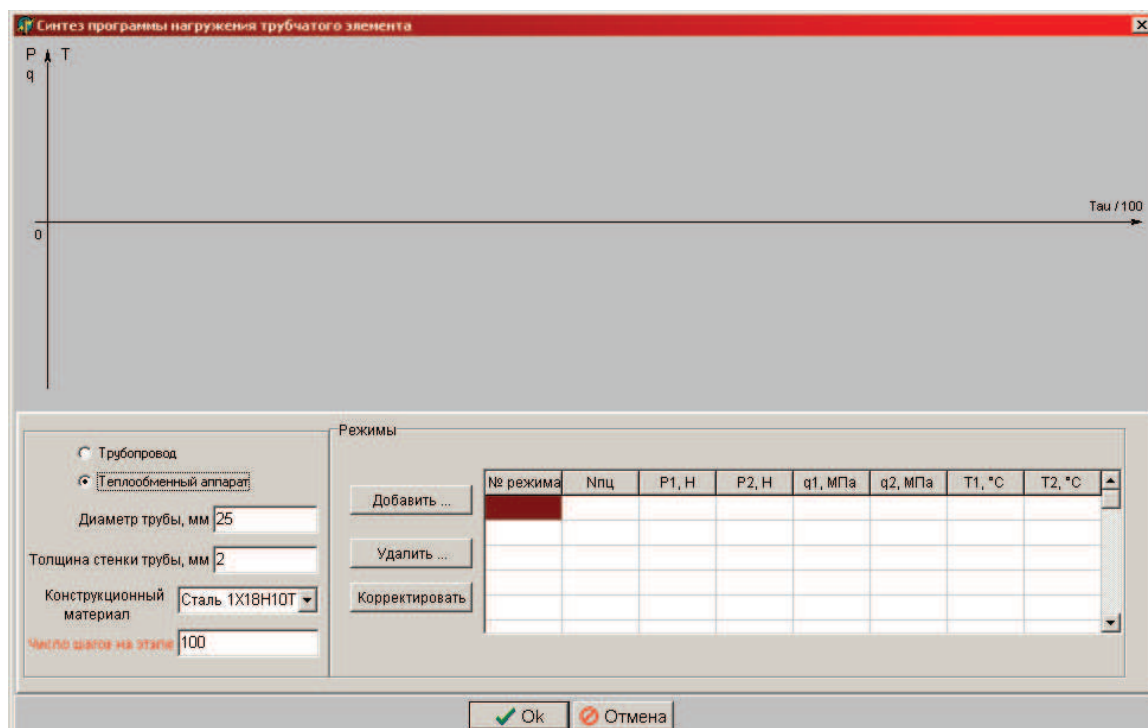


Рисунок 2. Синтез программы нагружения трубчатого элемента

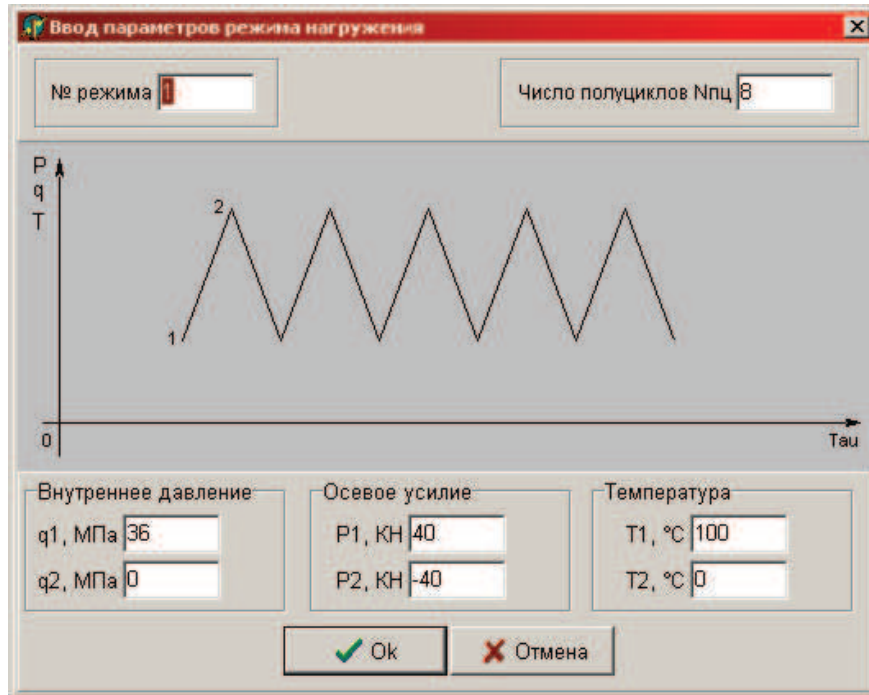


Рисунок 3. Ввод параметров режима нагружения конструкции

Нажимаем кнопку «Ok» и возвращаемся в окно «Синтез программы нагружения трубчатого элемента», где программа отрисовывает схему данного режима нагружения конструкции (рисунок 4).

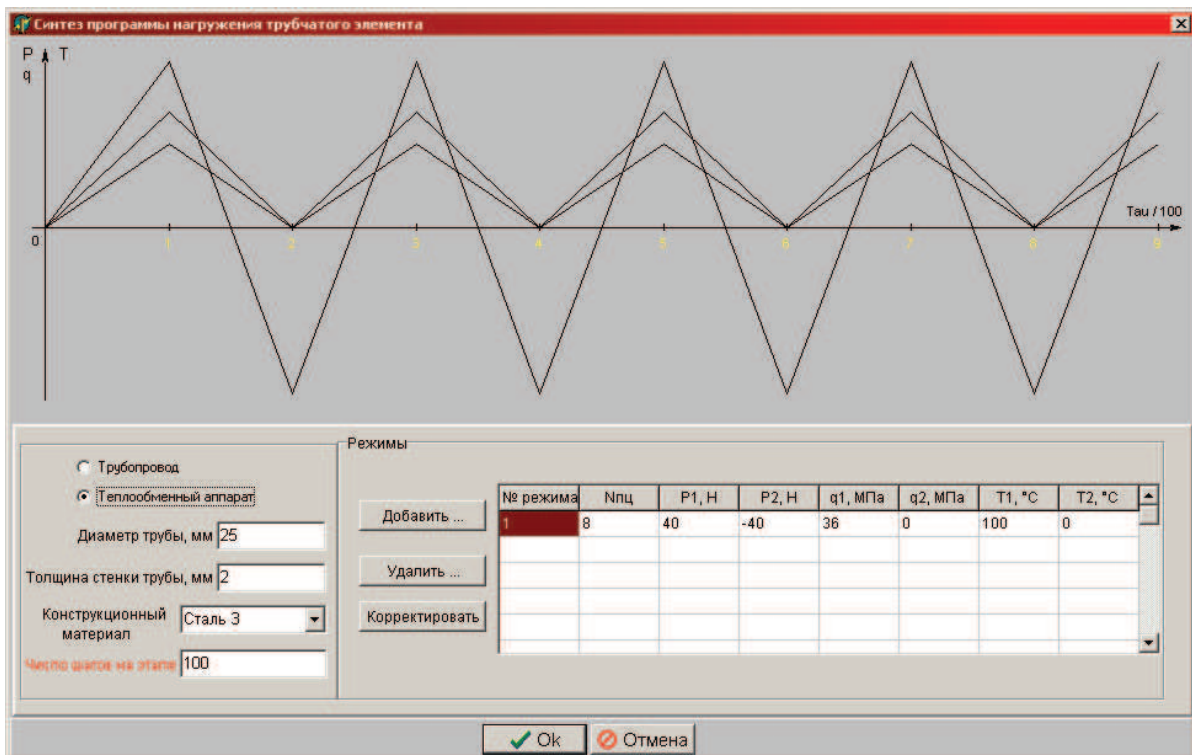


Рисунок 4. Схема режима нагружения конструкции

Для ввода параметров следующего режима нагружения конструкции снова нажимаем кнопку «Добавить...» и повторяем операции, описанные выше.

Для редактирования параметров режима нагружения конструкции следует воспользоваться кнопкой «**Корректировать**». В открывшемся окне «№ режима» (рисунок 5) указываем номер режима, который необходимо корректировать, и входим в окно «Ввод параметров режима нагружения», редактируем параметры нагрузки и число полуциклов нагружения для данного режима и нажимаем кнопку «ОК».

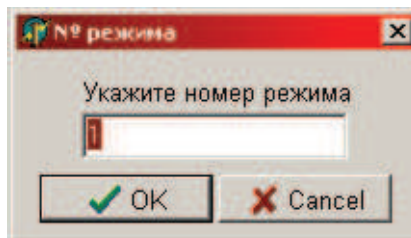


Рисунок 5. Выбор редактируемого режима нагружения

Для удаления режима нагружения конструкции используем кнопку «Удалить...». Далее в окне «№ режима» (рисунок 5) указываем номер удаляемого режима и на запрос системы «Вы действительно хотите удалить режим № 1» подтверждаем удаление режима (рис. 6).

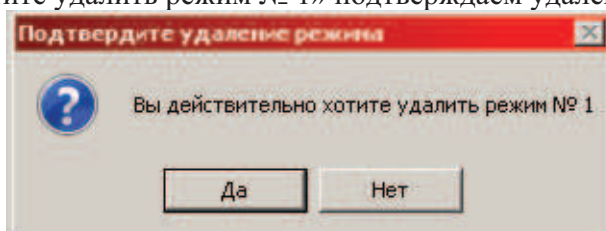


Рисунок 6. Подтверждение удаления режима

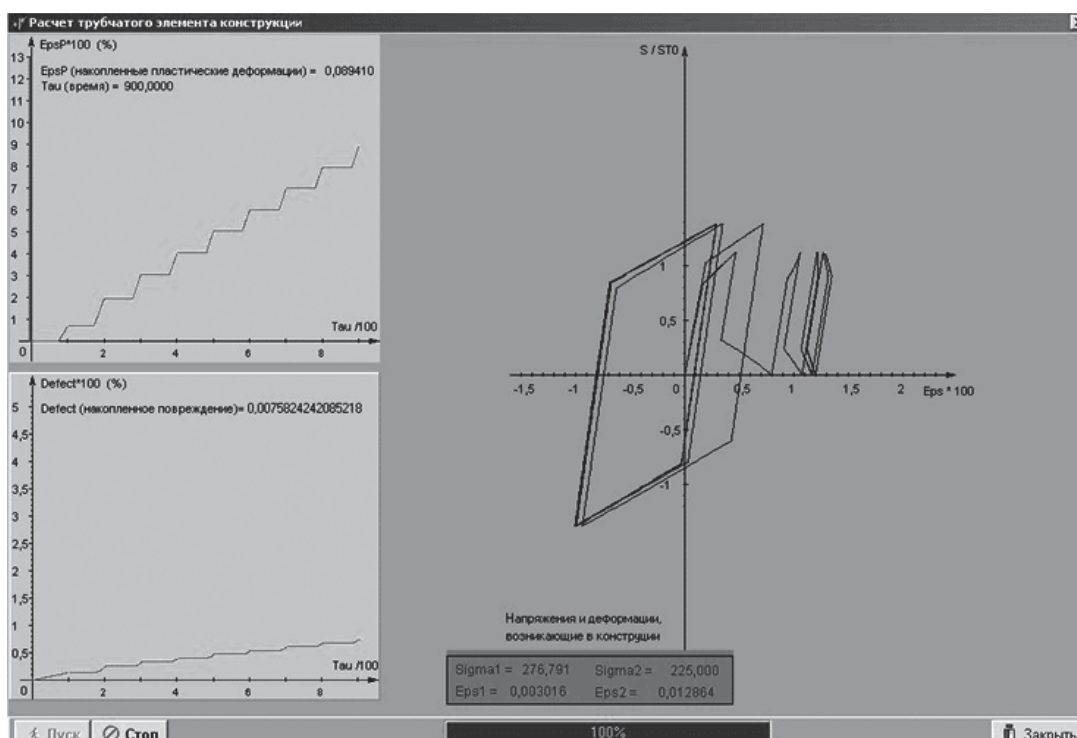


Рисунок 7. Визуализация процесса упругопластического деформирования трубчатого элемента

После завершения формирования программы переходим в главное окно системы и, выбрав пункт меню «**Анализ**», переходим в окно «Расчет трубчатого элемента конструкции»

(рисунок 7). Для запуска процесса расчета конструкции нажимаем на кнопку «**Пуск**». В этом окне в режиме реального времени строятся графики упругопластического деформирования изделия, накопленной пластической деформации и накопленного повреждения. Для остановки процесса расчета служит кнопка «**Стоп**».

После завершения расчета для возврата в главное окно воспользуемся кнопкой «**Закрыть**».

Результаты численного анализа сводятся в таблицу (рисунок 8), доступ к которой обеспечивается пунктами меню «**Результаты**» → «**Таблица**».

Этап	Sx, МПа	Sy, МПа	Sz, МПа	EpsX	EpsY	EpsZ	EpsXp	EpsYp	EpsZp	Rx, МПа	Ry, МПа	Rz, МПа	EpsTp	Rp, МПа	Ax, МПа	Ay, МПа	Az, МПа	A, МПа	EpsEi	EpsImax	DEF	T, град	Def_E	Def_P	Def_S
1	276,79	225,00	0,00	0,00718	0,00467	-0,00622	0,00455	0,00240	-0,00695	29,60	15,60	-45,20	0,00706	151,87	79,93	42,13	-122,07	151,87	0,00116	0,00823	0,00144	100,00	0,00000	0,00038	0,00106
2	-276,79	0,00	0,00	-0,00938	0,00796	0,00086	-0,00800	0,00754	0,00045	-53,80	49,77	4,03	0,01971	163,30	-130,73	42,49	88,23	163,30	0,00120	0,01007	0,00253	0,00	0,00000	0,00147	0,00106
3	276,79	225,00	0,00	0,00348	0,01057	-0,00842	0,00085	0,00830	-0,00915	3,70	54,66	-58,36	0,03040	151,87	105,83	3,08	-108,90	151,87	0,00116	0,01108	0,00335	100,00	0,00000	0,00228	0,00106
4	-276,79	0,00	0,00	-0,00994	0,01074	-0,00135	-0,00856	0,01032	-0,00176	-58,90	68,13	-9,24	0,04032	163,30	-125,63	24,13	101,50	163,30	0,00120	0,01200	0,00407	0,00	0,00000	0,00300	0,00106
5	276,79	225,00	0,00	0,00292	0,01214	-0,00944	0,00030	0,00987	-0,01017	-1,39	65,19	-63,80	0,05030	151,87	110,92	-7,45	-103,47	151,87	0,00116	0,01250	0,00479	100,00	0,00000	0,00372	0,00106
6	-276,79	0,00	0,00	-0,01007	0,01166	-0,00215	-0,00868	0,01125	-0,00256	-61,15	74,36	-13,21	0,05998	163,30	-123,38	17,90	105,47	163,30	0,00119	0,01270	0,00547	0,00	0,00000	0,00440	0,00106
7	276,79	225,00	0,00	0,00288	0,01268	-0,00995	0,00027	0,01041	-0,01068	-3,01	68,91	-65,90	0,06987	151,87	112,54	-11,18	-101,36	151,87	0,00116	0,01310	0,00618	100,00	0,00000	0,00512	0,00106
8	-276,79	0,00	0,00	-0,01000	0,01198	-0,00255	-0,00860	0,01157	-0,00296	-62,04	76,63	-14,59	0,07952	163,30	-122,49	15,63	106,86	163,30	0,00120	0,01310	0,00686	0,00	0,00000	0,00580	0,00106
9	276,79	225,00	0,00	0,00301	0,01286	-0,01026	0,00040	0,01059	-0,01099	-3,58	70,27	-66,69	0,08841	151,87	113,11	-12,54	-100,57	151,87	0,00116	0,01340	0,00758	100,00	0,00000	0,00651	0,00106
10	-276,79	0,00	0,00	-0,00983	0,01208	-0,00281	-0,00844	0,01167	-0,00323	-62,37	77,46	-15,09	0,09905	163,30	-122,16	14,80	107,36	163,30	0,00120	0,01340	0,00826	0,00	0,00000	0,00719	0,00106
11	276,79	225,00	0,00	0,00319	0,01291	-0,01049	0,00058	0,01064	-0,01123	-3,78	70,77	-66,99	0,10893	151,87	113,31	-13,03	-100,28	151,87	0,00116	0,01358	0,00897	100,00	0,00000	0,00791	0,00106
12	-276,79	0,00	0,00	-0,00964	0,01210	-0,00303	-0,00824	0,01169	-0,00345	-62,49	77,77	-15,27	0,11858	163,30	-122,03	14,50	107,54	163,30	0,00120	0,01358	0,00965	0,00	0,00000	0,00859	0,00106
13	276,79	225,00	0,00	0,00340	0,01291	-0,01070	0,00079	0,01064	-0,01143	-3,86	70,95	-67,09	0,12846	151,87	113,38	-13,21	-100,17	151,87	0,00116	0,01372	0,01037	100,00	0,00000	0,00930	0,00106

Рисунок 8. Таблица результатов численного анализа

Для сохранения полученных данных следует воспользоваться кнопкой «**Сохранить**». В появившемся диалоговом окне (рисунок 9) необходимо указать место и имя файла результатов расчета.

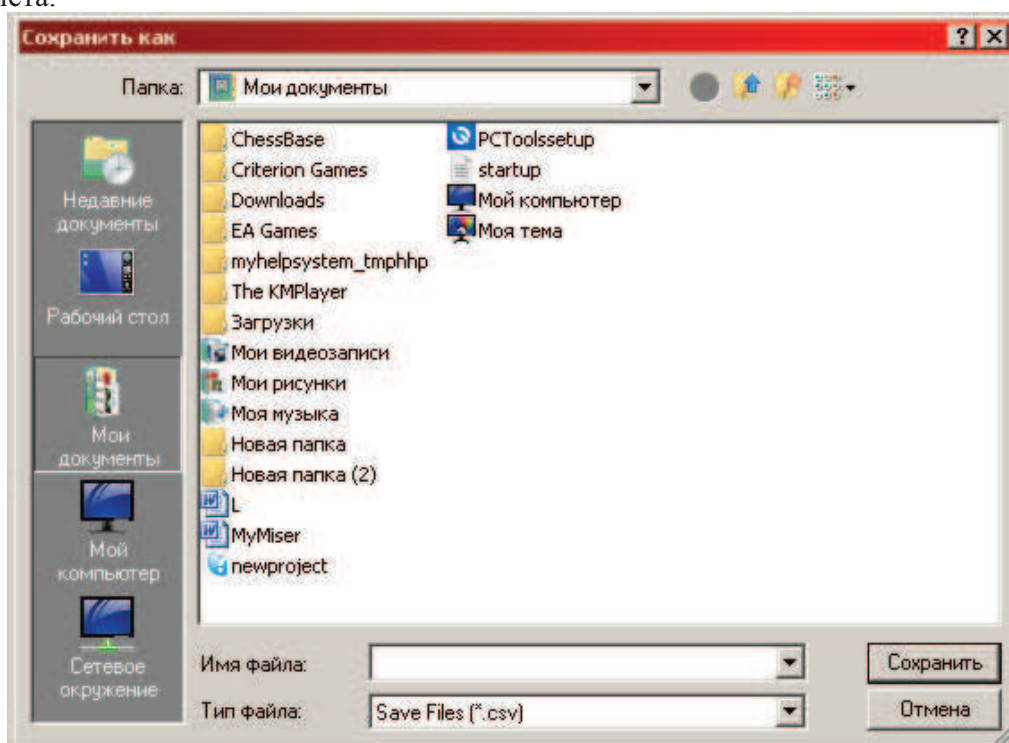


Рисунок 9. Сохранение результатов численного анализа

Возвращаемся в главное окно системы с помощью кнопки «**Заккрыть**».

Для просмотра результатов расчета в графическом виде воспользуемся пунктами меню «**Результаты**» → «**Графики**» (рисунок 10).

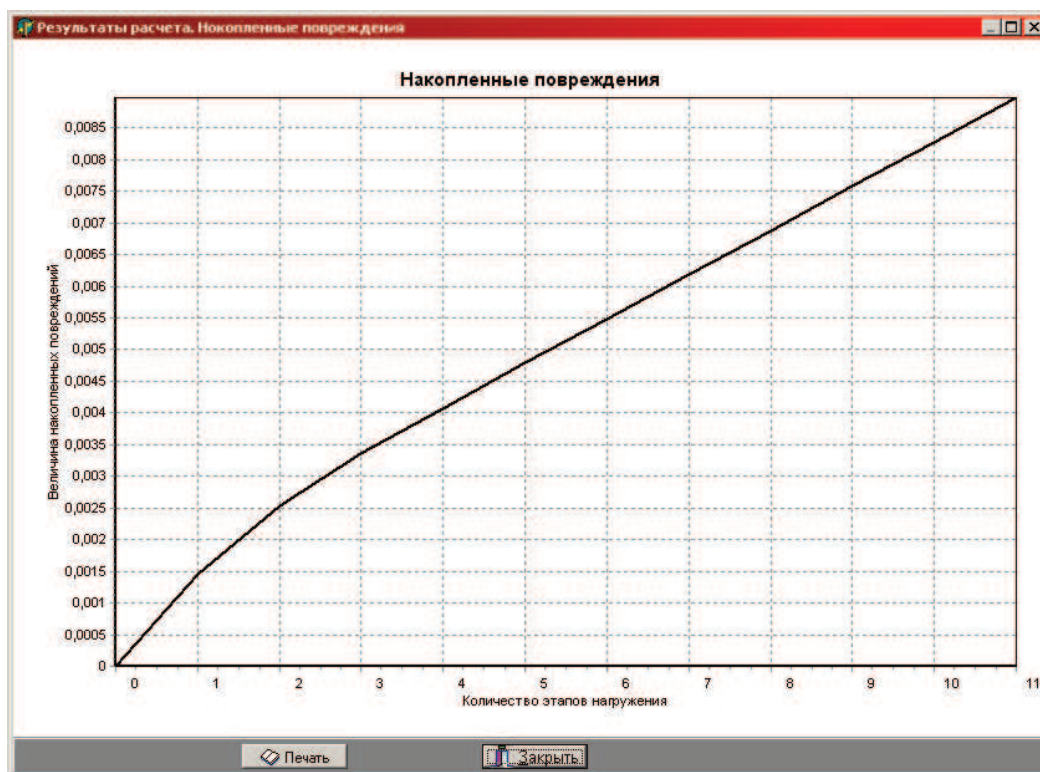


Рисунок 10. График накопления повреждений в трубчатом элементе

Для удобства пользователя предусмотрена возможность печати графика. При нажатии кнопкой «Печать» появляется диалоговое окно «Печать» (рисунок 11).

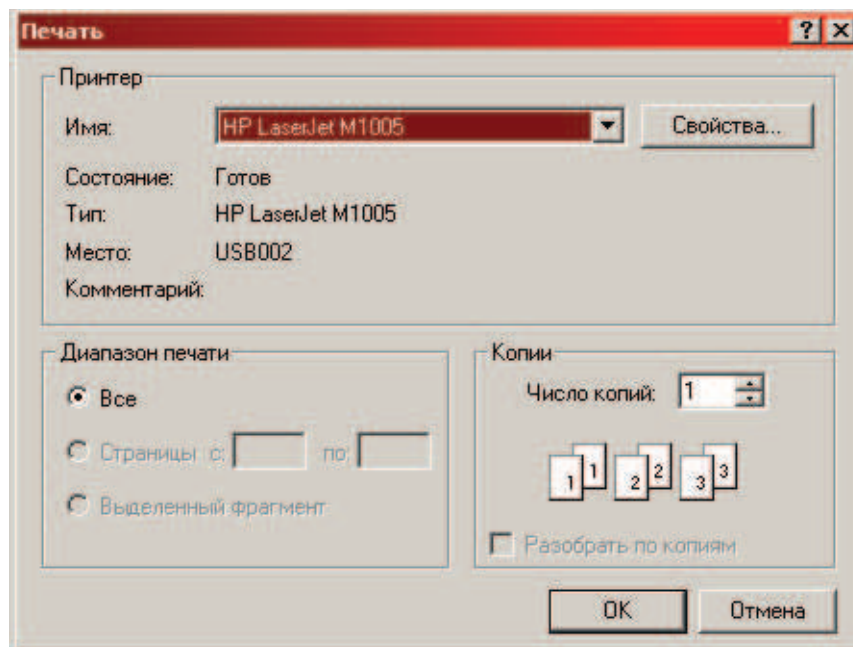


Рисунок 11. Диалоговое окно «Печать»

Выбираем доступный принтер, указываем свойства печати и число копий, нажимаем кнопку «ОК».

Программный комплекс «Life Cycle» может быть применен в отраслевых САПР хими-

ческого и нефтегазового машиностроения, допускает автономное использование как на этапе проектирования, так и в процессе эксплуатации для оперативного мониторинга остаточного ресурса оборудования. С его помощью возможны постановка и практическое решение задач оптимизации циклического термомеханического воздействия на рассматриваемые конструкции.

Литература

1. Луганцев Л.Д., Черненко М.О. Компьютерный анализ несущей способности и ресурса трубчатых элементов конструкций при малоцикловом нагружении // «Известия МГТУ МАМИ», № 2 (14), том 4, 2012, с. 162-166.

Модели исходов приема информации для кодов, не содержащих нулевого сигнального признака

д.т.н. проф. Львов А.А., д.т.н. доц. Светлов М.С., Руденко А.Е., Ульянина Ю.А.
Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.
89271532577, lordae@yandex.ru

Аннотация. Совершенствование технологических процессов информационно-управляющих систем определяет повышенные требования к информационной надежности систем, характеризующейся вероятностями исходов приема информации. С целью обеспечения высоких показателей по достоверности передачи широко используются длинные недвоичные коды, представляющие собой псевдослучайные последовательности. Наиболее предпочтительными среди них с точки зрения помехоустойчивости являются коды, не содержащие нулевого сигнального признака. В данной работе оцениваются вероятности исходов приема информации для различных моделей каналов связи с кодами без нулевого сигнального признака.

Ключевые слова: псевдослучайная последовательность, модель исходов приема информации, канал связи.

При построении и эксплуатации систем передачи информации важным является определение вероятностей исходов при приеме информации. Аналитически получить значения вероятностей исходов приема можно с помощью математического моделирования каналов связи.

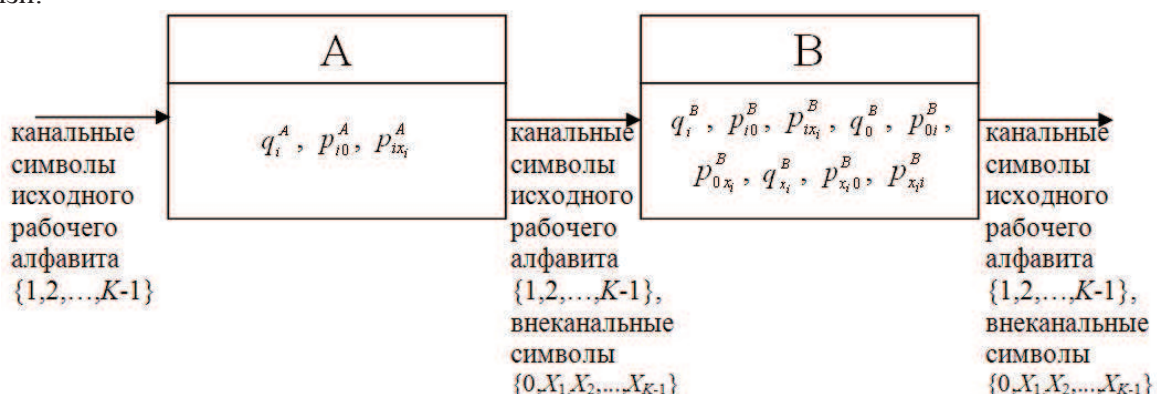


Рисунок 1. Структурная схема несимметричного K -канала без нуля с ошибками трансформации и стирания

В отличие от традиционного представления моделей каналов связи [1, 2], предложены каскадные модели в виде последовательного соединения двух моделей каналов, в каждом из