

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИМ ЗАДАНИЯМ**

по курсу «Основы идентификации»
для студентов специальности 7.091302
«Метрология и измерительная техника»
дневной и заочной форм обучения

Харьков 2003

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКИМ ЗАДАНИЯМ**

по курсу «Основы идентификации»
для студентов специальности 7.091302
«Метрология и измерительная техника»
дневной и заочной форм обучения

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол №

Харьков НТУ «ХПИ» 2003

Методичні вказівки до розрахунково-графічних завдань з курсу «Основи ідентифікації», для студентів спеціальності 7.091302 «Метрологія та вимірювальна техніка» денної та заочної форм навчання / Уклад. О.І. Овчаренко, Р.П. Мигущенко, А.С. Комірний, Л.П. Єрмоловська, під ред. О.І. Овчаренка – Харків: НТУ «ХП», 2003.– 36 с.– Рос. мовою

Укладачі: О.І. Овчаренко,
Р.П. Мигущенко,
А.С. Комірний,
Л.П. Єрмоловська,
під ред. О.І. Овчаренка

Рецензент В.І. Дякін

Кафедра вимірювально-інформаційної техніки

ВВЕДЕНИЕ

Для различных задач автоматизации (контроля, управления и т.д.) технологических производств и промышленных объектов требуется определение их статических и динамических свойств, которые реализуются в их моделях. Построение математических моделей объектов может производиться аналитическим или экспериментальным методом.

В первом случае уравнения динамики и статики составляются на основе анализа физико-химических процессов, происходящих в объекте, и применении законов сохранения энергии и вещества. Для определения коэффициентов уравнений требуется постановка специальных трудоемких лабораторных исследований.

Экспериментальные методы требуют минимальных сведений о сущности процессов, протекающих в объектах, однако позволяют с приемлемой для практики точностью определять коэффициенты дифференциальных уравнений динамики. Эти методы просты в применении и позволяют сравнительно быстро получить математическое описание объекта. Вследствие этого они получили исключительно широкое распространение при исследовании динамики объектов для целей автоматизации.

Важность и актуальность вопросов экспериментального исследования промышленных объектов способствовало повышенному вниманию к подобным задачам.

Исходя из сказанного выше, настоящие методические указания призваны укрепить теоретические и практические знания студентов в области постановки экспериментов, обработки экспериментальной информации, построении идентификационных моделей объектов и процессов в статике и динамике, способны повысить общий уровень знаний в данной области науки.

Методические указания к расчетно-графическим заданиям состоят из четырех частей и рассматривают следующие вопросы:

- оценка стационарности случайных процессов,
- определение уравнения тренда,
- статистическая фильтрация экспериментальной информации,
- построение динамической модели объекта путем идентификации.

Расчетно-графическое задание №1

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить алгоритмы непараметрического оценивания стационарности случайных процессов; приобрести практические навыки в использовании наиболее употребительных непараметрических критериев.

1. НЕОБХОДИМЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Рассмотрим ансамбль выборочных функций (рисунок 1.1).

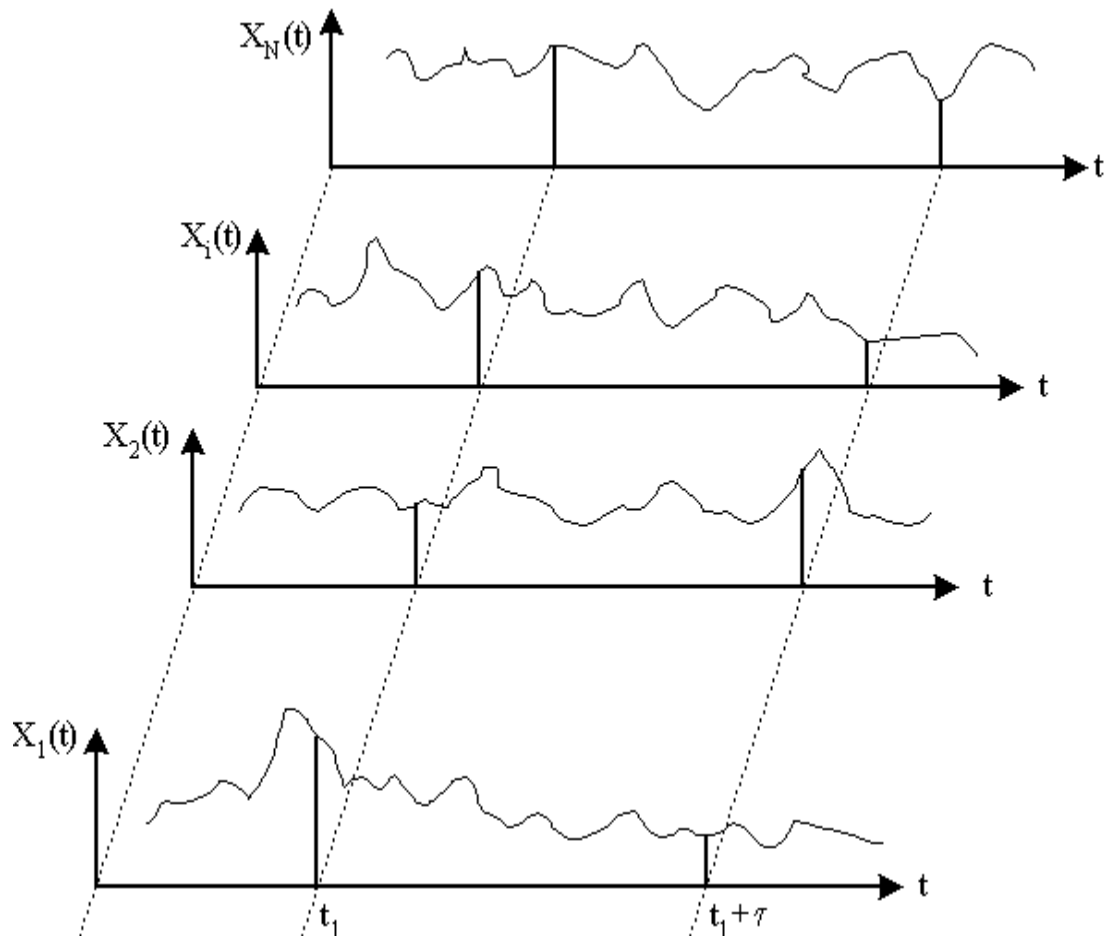


Рисунок 1.1 – Ансамбль выборочных функций

Среднее значение (первый момент) случайного процесса (СП) в момент времени t_1 определяется формулой:

$$M_x(t_1) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k(t_1). \quad (1.1)$$

Корреляционная (ковариационная) функция СП (смешанный момент) определяется формулой:

$$R_{xx}(t_1, t_1 + \tau) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k(t_1) \cdot X_k(t_1 + \tau). \quad (1.2)$$

СП процесс называют нестационарным, если M_x и R_{xx} зависят от t_1 . СП называют слабостационарным (стационарным в широком смысле), если M_x и R_{xx} не зависят от t_1 , т.е. $M_x(t_1) = M_x$, $R_{xx}(t_1, t_1 + \tau) = R_{xx}(\tau)$. СП называют строго стационарным (стационарным в узком смысле), если все моменты и смешанные моменты (а не только M_x и R_{xx}) инвариантны во времени.

СП называют эргодическим, если он стационарен, а оценки M_x и R_{xx} , осредненные по ансамблю, совпадают с соответствующими оценками, осредненными по времени. Таким образом, для эргодических СП все свойства можно определить по единственной реализации.

Отсчеты процесса и оценки его характеристик могут иметь самые разнообразные функции распределения. Поэтому оценивание свойства стационарности, являющееся первой процедурой оценивания СП и идентификации, удобно производить на основе непараметрических критериев, в которых относительно функции распределения исходных данных не делается никаких исходных предположений.

В практике идентификации широкое применение получили следующие непараметрические критерии оценки стационарности:

1.1. Медианный критерий количества и протяженности серий

Алгоритм обработки информации по этому критерию представлен в виде блок-схемы (рисунок 1.2).

Пример.

1) Исходная реализация имеет вид (20 отсчетов):

$$\begin{array}{cccccccccc} 5.5 & 5.1 & 5.7 & 5.2 & 4.8 & 5.7 & 5.0 & 6.5 & 5.4 & 5.8 \\ 6.8 & 6.6 & 4.9 & 5.4 & 5.9 & 5.4 & 6.8 & 5.8 & 6.9 & 5.5 \end{array} \quad (1.3)$$

2) Ранжированная по возрастанию реализация имеет вид:

$$\begin{array}{cccccccccc} 4.8 & 4.9 & 5.0 & 5.1 & 5.2 & 5.4 & 5.4 & 5.4 & 5.5 & 5.5 \\ 5.7 & 5.8 & 5.8 & 5.9 & 6.5 & 6.6 & 6.8 & 6.8 & 6.9 & 5.7 \end{array} \quad (1.4)$$

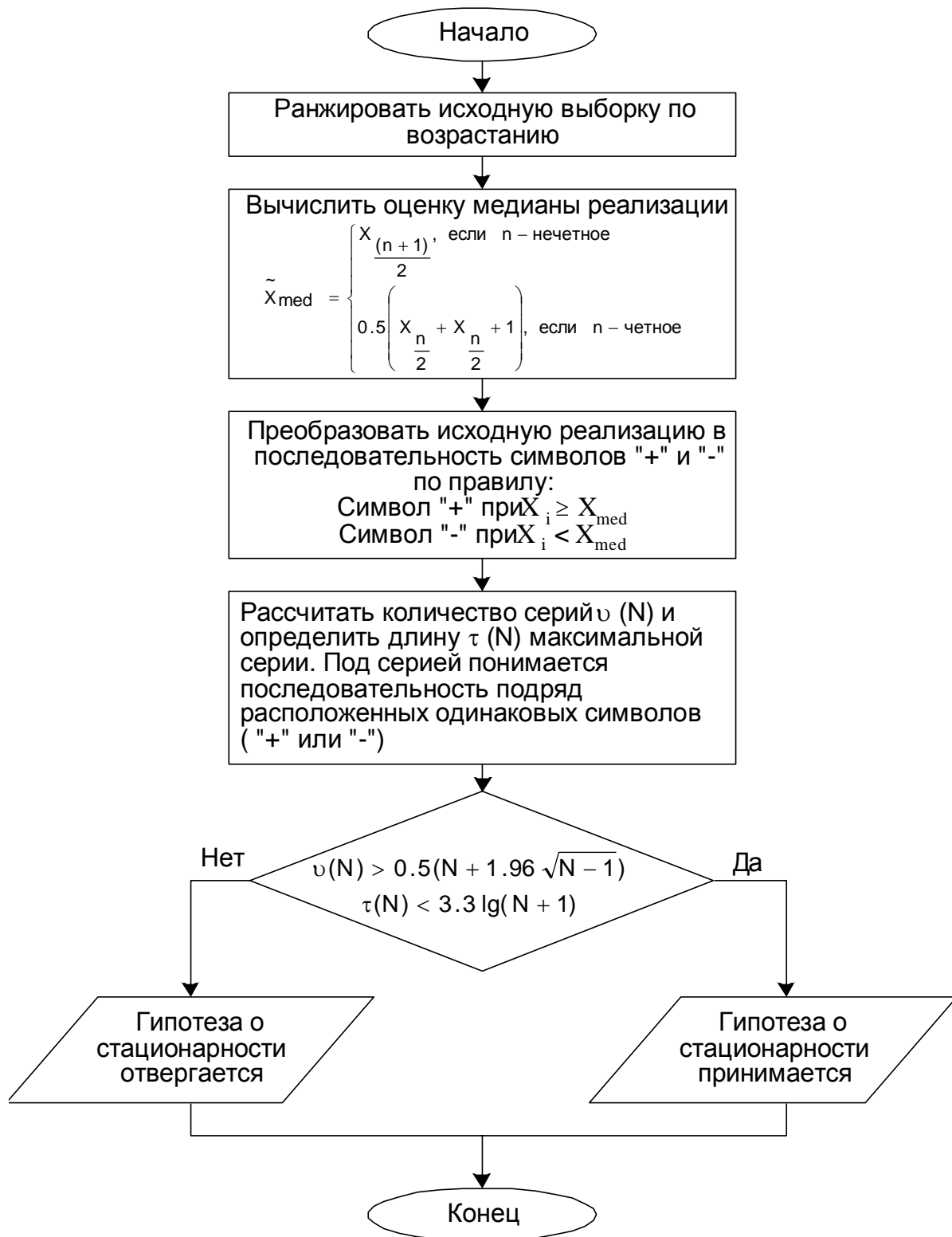


Рисунок 1.2 – Алгоритм определения стационарности процесса по критерию восходящих и нисходящих серий

3) Оценка медианы реализации из (1.4) равна:

$$X_{\text{med}} = 0.5 (X_{10} + X_{11}) = 0.5 (5.5 + 5.7) = 5.6.$$

4) Преобразованная по алгоритму (рисунок 1.2) в символы «+» и «-» реализация имеет вид:

$$- - + - - + - + - + + + - - + - + + + - \quad (1.5)$$

5) По реализации (1.5) в соответствии с алгоритмом (рисунок 1.2) определяют ν и τ :

$$-\nu(20) = 13,$$

$$-\tau(20) = 3.$$

6) По формулам алгоритма (рисунок 2) вычисляют контрольные значения статистик:

$$\nu_k(20) = 0.5 \cdot (20 + 1 - 1.96\sqrt{20 - 1}) = 6.23,$$

$$\tau_k(20) = 3.3 \lg(20 + 1) = 4.36.$$

7) В связи с выполнением неравенств $(20) < \tau_k(20)$; $\nu(20) > \nu_k(20)$ с доверительной вероятностью 0.95 принимают гипотезу о стационарности исходной реализации.

1.2. Критерий инверсий

Алгоритм обработки информации по этому критерию представлен в виде блок-схемы на рисунке 1.3.

Пример.

1) Исходная реализация имеет вид (3) (20 отсчетов).

2) Вычисляют инверсии H_{ij} ($i < j$) в соответствии с алгоритмом (рисунок 1.3) и определяют их количество A_i для $i = 1 \dots N-1$. Результаты вычислений даны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Значения инверсий

| Порядковый номер i отсчета в реализации СП | Значение A_i |
|--|----------------|
| 1 | 8 |
| 2 | 3 |
| 3 | 8 |

Продолжение таблицы 1.1

| Порядковый номер i отсчета в реализации СП | Значение A_i |
|--|----------------|
| 4 | 3 |
| 5 | 0 |
| 6 | 6 |
| 7 | 1 |
| 8 | 8 |
| 9 | 1 |
| 10 | 4 |
| 11 | 7 |
| 12 | 6 |
| 13 | 0 |
| 14 | 0 |
| 15 | 3 |
| 16 | 0 |
| 17 | 2 |
| 18 | 1 |
| 19 | 1 |

3) Вычисляется общее число инверсий:

$$A = \sum_{i=1}^{N-1} A_i = 62.$$

4) Область принятия гипотезы о стационарности (отсутствия тренда) имеет вид:

$$\left[A_{20; 1-\frac{\alpha}{2}} < A \leq A_{20; \frac{\alpha}{2}} \right].$$

5) При $\alpha=0.05$ из таблицы 1.2 находим:

$$A_{20; 1-\frac{\alpha}{2}} = A_{20; 0.975} = 64 \text{ и}$$

$$A_{20; \frac{\alpha}{2}} = A_{20; 0.025} = 125.$$

Следовательно гипотеза должна быть отвергнута с уровнем значимости 5 %, так как $A=62$ не попадает в интервал между 64 и 125.

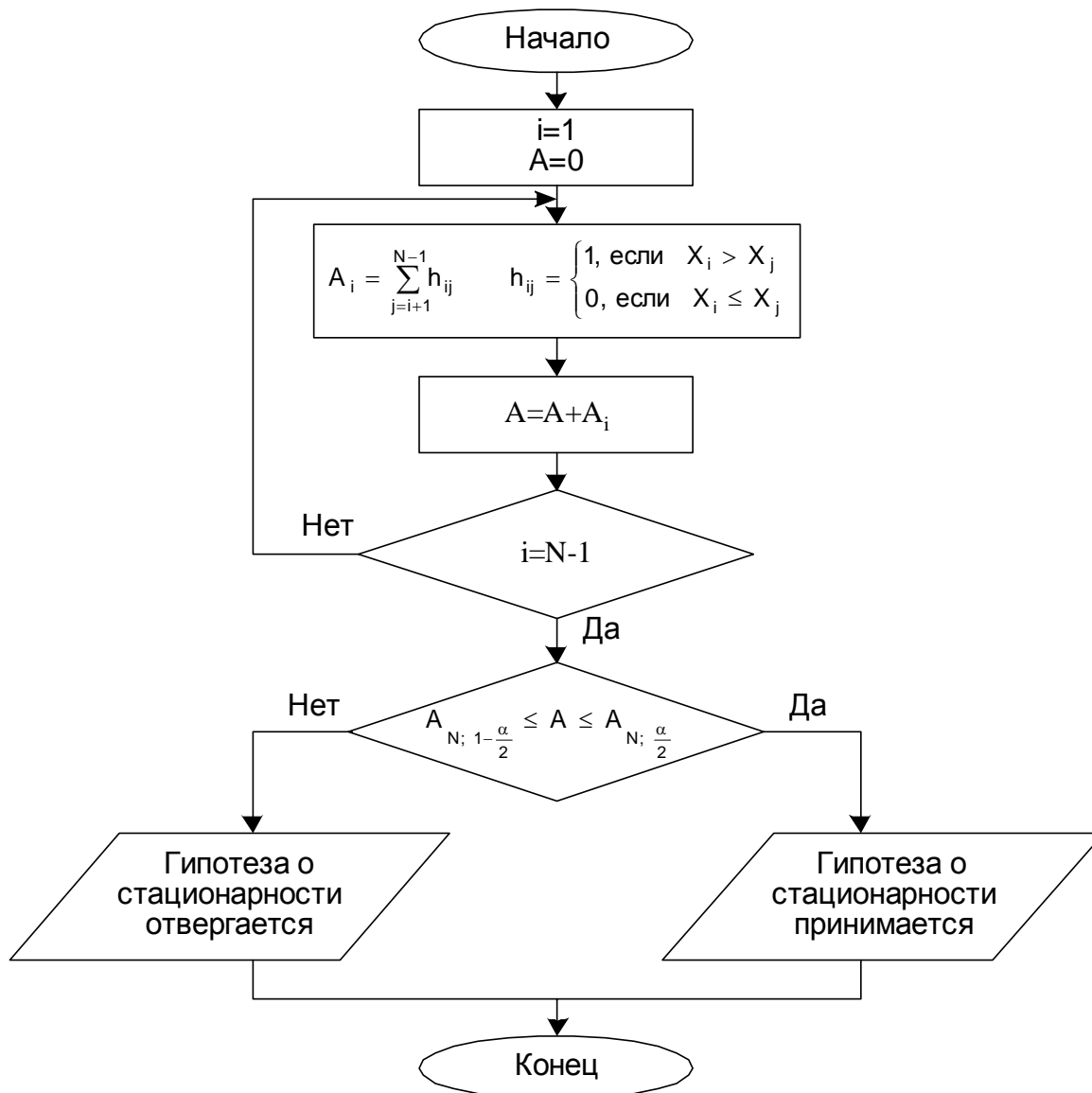


Рисунок 1.3 – Критерий инверсий

Таблица 1.2 - Процентные точки распределения числа инверсий

| N | α | | | | | |
|----|----------|-------|------|------|-------|------|
| | 0.99 | 0.975 | 0.95 | 0.05 | 0.025 | 0.01 |
| 10 | 9 | 11 | 13 | 31 | 33 | 35 |
| 12 | 16 | 18 | 21 | 44 | 47 | 49 |
| 14 | 24 | 27 | 30 | 60 | 63 | 66 |
| 16 | 34 | 38 | 41 | 78 | 81 | 85 |
| 18 | 45 | 50 | 54 | 98 | 102 | 107 |
| 20 | 59 | 64 | 69 | 120 | 125 | 130 |

Продолжение таблицы 1.2

| N | α | | | | | |
|-----|----------|-------|------|------|-------|------|
| | 0.99 | 0.975 | 0.95 | 0.05 | 0.025 | 0.01 |
| 30 | 152 | 162 | 171 | 263 | 272 | 282 |
| 40 | 290 | 305 | 319 | 460 | 474 | 489 |
| 50 | 473 | 495 | 514 | 710 | 729 | 751 |
| 60 | 702 | 731 | 756 | 1013 | 1038 | 1067 |
| 70 | 977 | 1014 | 1045 | 1369 | 1400 | 1437 |
| 80 | 1299 | 1344 | 1382 | 1777 | 1815 | 1860 |
| 90 | 1668 | 1721 | 1766 | 2238 | 2283 | 2336 |
| 100 | 2083 | 2145 | 2198 | 2751 | 2804 | 2866 |

1.3. Критерий восходящих и нисходящих серий

Алгоритм обработки информации по этому критерию представлен в виде блок-схемы на рисунке 1.4.

Пример.

1) Исходная реализация имеет вид (1.3) (20 отсчетов).

2) Исходная реализация в соответствии с алгоритмом (рисунок 1.4) заменяется символами «+» и «-», в результате чего реализация приобретает вид:

+ - + + - + - + - - + + - - + - + - +

3) Количество серий равно $v(20) = 15$, а максимальная протяженность серии равна $\tau(20) = 2$.

4) По формулам алгоритма (рисунок 1.4) вычисляют контрольные значения статистик:

$$v_k(20) = \left(0.333(2 \cdot 20 - 1) - 1.96 \sqrt{\frac{(16 \cdot 20 - 29)}{90}} \right) = \frac{9}{48},$$

$$\tau_k(20) = \begin{cases} 5 & \text{для } N < 26 \\ 6 & \text{для } N = 26 \dots 153. \\ 7 & \text{для } N > 153 \end{cases}$$

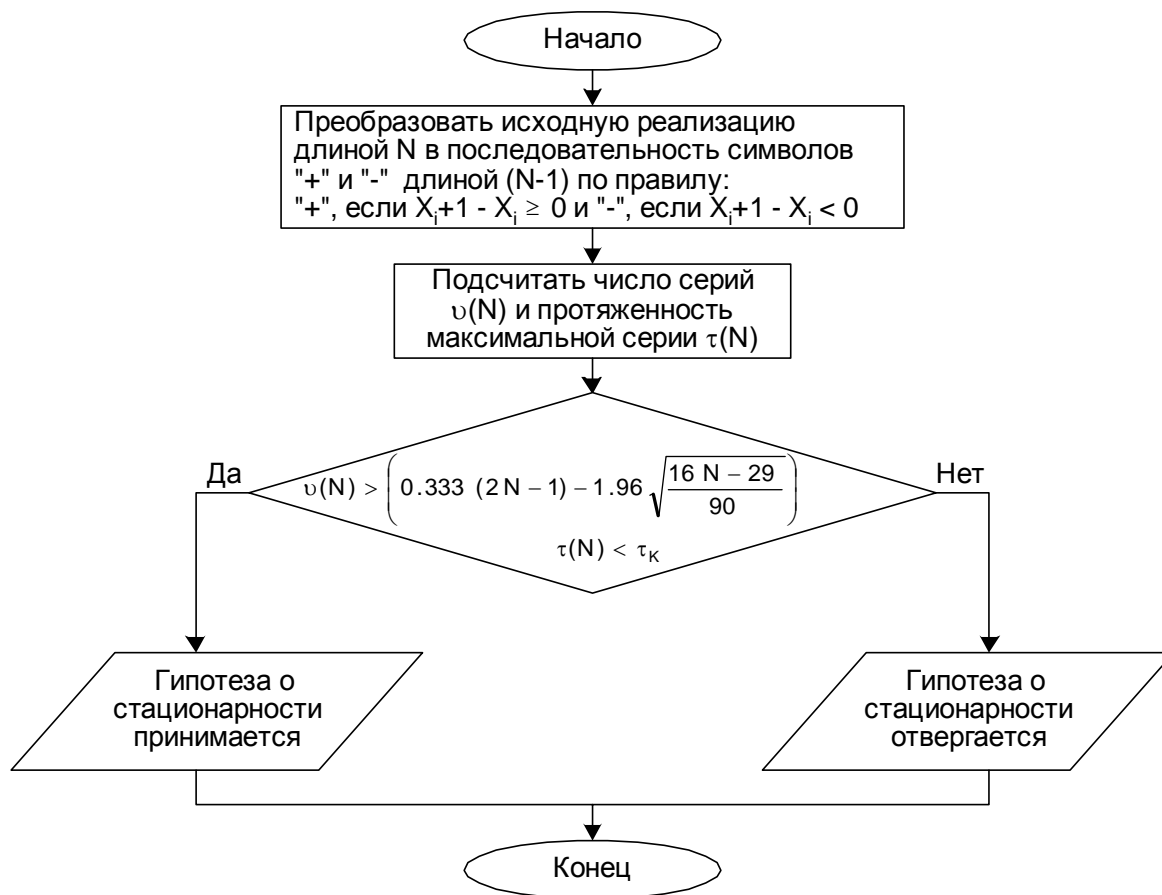


Рисунок 1.4 – Критерий восходящих и нисходящих серий

5) В связи с выполнением неравенств $\tau(20) < \tau_k(20)$ (таблица 1.3) ; $v(20) > v_k(20)$ с доверительной вероятностью 0.95 принимают гипотезу о стационарности исходной реализации.

Таблица 1.3 - Определение τ_k

| N | Меньше или равно 26 | От 27 до 153 | Больше 153 |
|----------|---------------------|--------------|------------|
| τ_0 | 5 | 6 | 7 |

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Получить у преподавателя исходную реализацию.

2.2. По алгоритмам рисунок 1.2, рисунок 1.3, рисунок 1.4 определить принадлежность полученной реализации к классу стационарных.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать следующую информацию:

- данные об исходной реализации;
- график исходной реализации;
- алгоритмы (рисунок 1.2, рисунок 1.3, рисунок 1.4);
- результаты расчета по этим алгоритмам и статистические выводы о принадлежности реализации к классу стационарных.

4. ЛИТЕРАТУРА

- 4.1. Конспект лекций по курсу «Основы идентификации».
- 4.2. Дж. Бендат, А. Пирсол. Прикладной анализ случайных данных. М., Мир, 1989.
- 4.3. С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. Прикладная статистика. Основы моделирования.

Расчетно-графическое задание №2

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить алгоритмы оценивания линейных трендов в нестационарных процессах, приобрести практические навыки в параметрической идентификации трендов и стационаризации процессов.

1. НЕОБХОДИМЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Одной из наиболее часто встречающихся причин нестационарности случайных процессов (СП) является наличие в них аддитивных трендов. В практической поставке ограничиваются линейной структурой (моделью) тренда и соответственно задачу идентификации формулируют так: для нестационарного СП, априорно содержащего аддитивный линейный тренд, оценить параметры модели:

$$Y_i = \hat{C}_0 + \hat{C}_1 \cdot i \cdot T_0, \quad (2.1)$$

где \hat{C}_0 , \hat{C}_1 – соответственно оценки начального значения тренда в реализации и крутизны;

$i=1 \dots N$ – номер отсчета в исходной нестационарной реализации;

T_0 – период дискретизации.

Источниками трендов в СП часто бывают временные и температурные дрейфы регистрирующей аппаратуры, неучтенные при априорном анализе интеграторы сигналов и т. д. Для стационаризации исходного СП тренды необходимо оценить и исключить, чтобы при дальнейшем анализе избежать значительного искажения оценок плотности вероятности, корреляционных и спектральных характеристик и т. д.

Наиболее распространенный способ оценивания параметров трендов принадлежит задаче регрессионного анализа и базируется на методе наименьших квадратов (МНК). Его сущность состоит в следующем. Сумма квадратов «невязок» между отсчетами X_i СП и модельными значениями по (1) равна:

$$Q = \sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2 = \sum_{i=1}^N (X_i - \hat{C}_0 + \hat{C}_1 \cdot i \cdot T_0)^2 \quad (2.2)$$

и должна быть минимизирована. Приравнивание нулю частных производных функции (2.2) по \hat{C}_0 и \hat{C}_1 и некоторые преобразования дают формулы для вычисления оценок параметров линейных трендов:

$$\hat{C}_0 = \frac{2(2N + 1) \cdot \sum_{i=1}^N X_i - 6 \cdot \sum_{i=1}^N X_i \cdot i}{N(N - 1)}, \quad (2.3)$$

$$\hat{C}_1 = \frac{12 \cdot \sum_{i=1}^N X_i \cdot i - 6(N + 1) \cdot \sum_{i=1}^N X_i}{T_0 N(N - 1)^2}. \quad (2.4)$$

Менее известный метод, названный в [1.1] интегрирующе-разностным, основан на следующих представлениях. Для реализации СП (2.1) в непрерывном виде на интервале $0 \dots T$ по интегрирующе-разностному алгоритму вычисляется следующее выражение:

$$\int_{T/2}^T X(t) dt - \int_0^{T/2} X(t) dt = \int_{T/2}^T |x(t) + \hat{C}_1 \cdot t| dt - \int_0^{T/2} |x(t) + \hat{C}_1 \cdot t| dt.$$

Если $\int_{T/2}^T x(t) dt = \int_0^{T/2} x(t) dt$, то

$$\int_{T/2}^T X(t) dt - \int_0^{T/2} X(t) dt = \frac{\hat{C}_1 \cdot T^2}{4}. \quad (2.5)$$

Из (2.5) следует алгоритм оценивания крутизны тренда в непрерывной форме:

$$\hat{C}_1 = \frac{4 \cdot \left(\int_{T/2}^T X(t) dt - \int_0^{T/2} X(t) dt \right)}{T^2}. \quad (2.6)$$

В дискретной форме для четного N алгоритм (2.6) приобретает вид:

$$\hat{C}_1 = \frac{4 \cdot \left(\sum_{i=N/2+1}^N X_i - \sum_{i=1}^{N/2} X_i \right)}{T_0 \cdot N^2}. \quad (2.7)$$

Сравнение (2.3), (2.4) и (2.7) свидетельствует о существенной экономии в объеме вычислений при использовании алгоритма (2.7).

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Для реализации СП, полученной в расчетно-графическом задании №1, применить алгоритм МНК и оценить по формулам (2.3), (2.4) параметры линейной модели тренда.

2.2. Для той же реализации СП применить интегрирующе-разностный алгоритм и оценить крутизну тренда по формуле (2.7). Сравнить значения оценок, полученные по формулам (2.4) и (2.7).

2.3. Осуществить стационаризацию процесса путем исключения тренда из исходной реализации. Для этого использовать формулу:

$$X_{ci} = X_i - (\hat{C}_0 + \hat{C}_1 \cdot T_0 \cdot i). \quad (2.8)$$

В качестве \hat{C}_1 и \hat{C}_0 использовать данные, полученные в п.2.1.

2.4. Построить на одном поле графики X_{ci} и X_i . Визуально сравнить их.

2.5. Проверить процесс X_{ci} на стационарность в соответствии с методическими указаниями к лабораторной работе №1 по тем критериям, которые при выполнении этой работы дали статистический вывод о нестационарности процесса X_i .

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете привести:

- исходную реализацию X_i ;
- формулы (2.3), (2.4), (2.7);
- результаты расчетов по формулам (2.3), (2.4), (2.7);
- графики X_{ci} и X_i ;
- результаты проверки процесса X_{ci} на стационарность.

4. ЛИТЕРАТУРА

- 4.1. Овчаренко А.И. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Харьков, 1991.
- 4.2. Конспект лекций по курсу “Основы идентификации”.
- 4.3. Дж. Бендат, А. Пирсол. Прикладной анализ случайных данных. М., Мир, 1989.

Расчетно-графическое задание №3

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить простейшие алгоритмы фильтрации измерительной информации при идентификации апериодических процессов; приобрести практические навыки в фильтрации данных идентификационных экспериментов.

1. НЕОБХОДИМЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.

Идентификация промышленных объектов неизбежно сопровождается высоким уровнем помех при измерениях. Поэтому полученную измерительную информацию подвергают предварительной обработке - фильтрации. Для временных методов идентификации, когда измерительная информация представляет собой временные ряды, такую операцию принято называть сглаживанием. Существует значительное число методов сглаживания временных рядов. В данной работе изучаются два простейших из них, пригодных для апериодических (не колебательных) переходных процессов [4.2].

Сглаживание (рисунок 3.1) позволяет точнее оценить параметры переходного процесса, а значит, точнее осуществить параметрическую идентификацию.

1.1. Фильтр скользящего среднего

В основу данного фильтра положена идея замены группы данных исходной реализации средним значением. Термин «скользящий»

объясняется тем, что для вычисления следующего среднего значения первый член предыдущей группы отбрасывается, а в обработку включается следующий за последним в предыдущей группе. Поэтому текущая обрабатываемая группа как бы «скользит» по временному ряду. Сказанное хорошо иллюстрируется нерекурсивной формулой фильтра скользящего среднего:

$$Y_{i+k/2}^* = \frac{1}{k+1} \sum_{j=0}^k Y_{i+j}, \quad i \in 0, 1, \dots, n-k, \quad (3.1)$$

где k - память фильтра (удобно выбирать четное число); подбирается экспериментально, т.к. занижение памяти ведёт к недостаточному сглаживанию, а завышение -к существенному искажению особенностей процесса. Пример: исходную реализацию, заданную таблицей 3.1. сгладить с помощью фильтра.

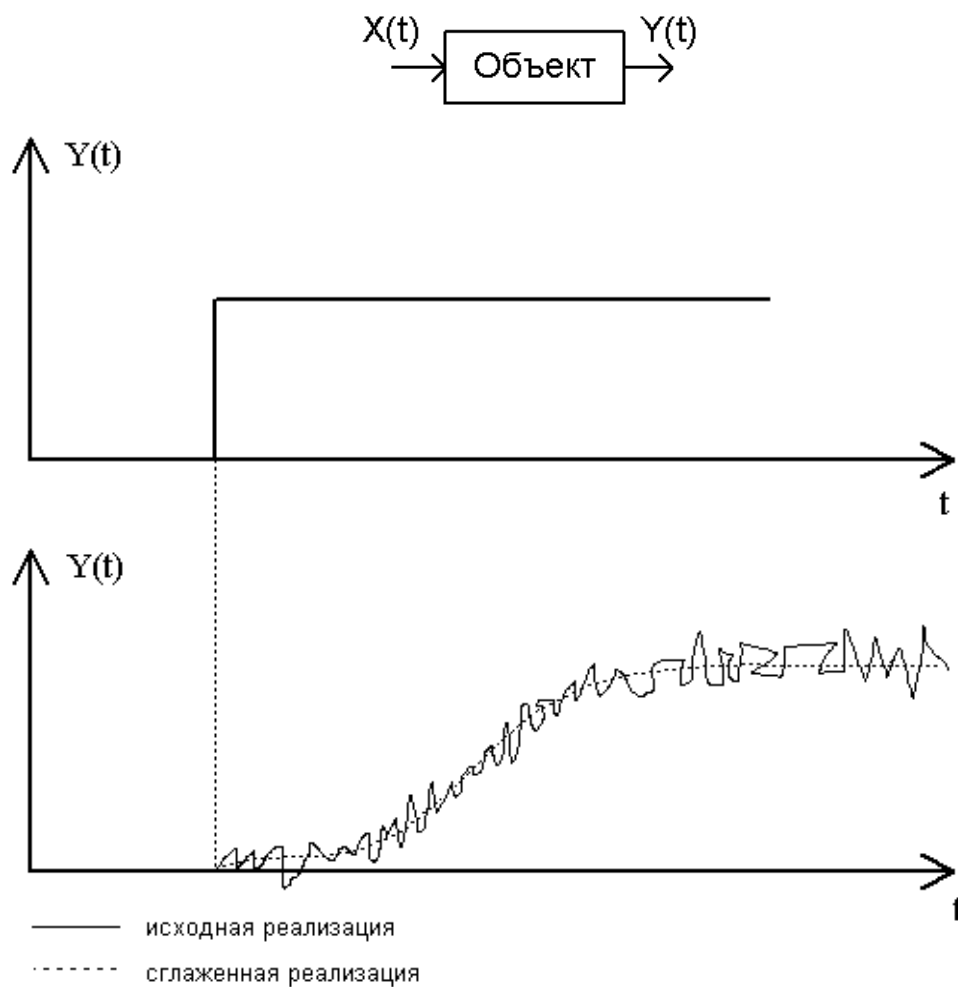


Рисунок 3.1 – Фильтрация сигнала

Результаты расчетов по формуле (3.1) для $K=4$ (сглаживание пятёрками) приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходная реализация

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-----|-----|-----|-----|------|------|----|----|
| Номер отчета i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Искомое значение процесса Y_i | 1 | 4 | 0 | 5 | 2 | 8 | 7 | 20 | 14 | 22 |
| Сглаженное значение процесса Y_i^* | * | * | 2.4 | 3.8 | 4.4 | 8.4 | 10.2 | 14.2 | * | * |

Отметим, что при использовании фильтра (3.1) теряются $K/2$ первых и $K/2$ последних слагаемых значений.

$$Y_2^* = \frac{1}{5}(Y_0 + Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4) = 2.4$$

$$Y_3^* = \frac{1}{5}(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5) = 3.8$$

$$Y_4^* = \frac{1}{5}(Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6) = 4.4$$

$$Y_5^* = \frac{1}{5}(Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7) = 8.4$$

$$Y_6^* = \frac{1}{5}(Y_4 + Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8) = 10.2$$

$$Y_7^* = \frac{1}{5}(Y_5 + Y_6 + Y_7 + Y_8 + Y_9) = 14.2$$

1.2. Параболический фильтр второго порядка (сглаживание четвёртыми разностями)

В основу данного фильтра положена идея аппроксимации исходной реализации параболой второго порядка по методу наименьших квадратов для 5 точек.

Формула фильтра:

$$Y_i^* = Y_i - \frac{1}{12} \delta^4 Y_i, \quad (3.2)$$

$$\text{где } \delta^4 Y_i = Y_{i-2} - 4Y_{i-1} + 6Y_i - 4Y_{i+1} + Y_{i+2} - \quad (3.3)$$

центральная четвёртая разность функции Y_i , $i=2,3,\dots,n-2$.

Во избежание потерь двух первых (Y_0^*, Y_1^*) и двух последних (Y_{n-1}^*, Y_n^*) значений сглаженной реализации используют следующие формулы:

$$\begin{aligned}
 Y_0^* &= Y_0 - \frac{1}{5} \cdot \delta^3 Y_{1/2} + \frac{1}{12} \cdot \delta^4 Y_2, \\
 Y_1^* &= Y_1 + \frac{2}{5} \cdot \delta^3 Y_{1/2} - \frac{1}{7} \cdot \delta^4 Y_2, \\
 Y_{n-i}^* &= Y_{n-i} - \frac{2}{5} \cdot \delta^3 Y_{\frac{n-2}{n-1}} - \frac{1}{7} \cdot \delta^4 Y_{n-2}, \\
 Y_n^* &= Y_n + \frac{1}{5} \cdot \delta^3 Y_{\frac{n-2}{n-1}} + \frac{1}{12} \cdot \delta^4 Y_{n-2},
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

где $\delta_{\frac{\mu}{\mu+1}}^4$ - третья разность.

$$\delta_{\frac{\mu}{\mu+1}}^4 = Y_{\mu-1} - 3Y_{\mu} + 3Y_{\mu+1} - Y_{\mu+2}, \quad \mu = 1, 2, \dots, n-2.
 \tag{3.5}$$

Пример:

Исходную реализацию, заданную таблицей 3.1, сгладить с помощью фильтра (3.2). Для удобства исходная реализация, сглаженная реализация и четвёртые разности (3.3) сведены в таблицу 3.2.

Таблица 2 – Результаты сглаживания методом четвертых разностей

| i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|----|
| Y_i | 1 | 4 | 0 | 5 | 2 | 8 | 7 | 20 | 14 | 22 |
| $\delta^4 Y_i$ | --- | --- | -33 | 34 | -33 | 37 | -54 | 66 | -57 | 46 |
| Y_i^* | 1.45 | 2.30 | 2.75 | 2.17 | 4.75 | 4.92 | 11.5 | 14.5 | | |

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 2.1. Получить у преподавателя исходную реализацию.
- 2.2. Применить к исходной реализации фильтр (3.1) для $K=4$, $K=6$, $K=8$.
- 2.3. Применить к исходной реализации фильтр (3.2).

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать следующую информацию:

- данные о исходной реализации;
- формулу (3.1) и результаты расчетов по этой формуле для $K=4$, $K=6$, $K=8$;
- формулы (3.2), (3.3), (3.4), (3.5) и результаты расчетов по этим формулам
- графики: исходной реализации,
реализации сглаженной фильтром (3.1) для $K=4$, $K=6$, $K=8$.
реализации сглаженной фильтром (3.2)

4. ЛИТЕРАТУРА

4.1 Конспект лекций по курсу «Основы идентификации».

4.2 Балакирев В.С., Дудников Е.Т., Цирин А.М. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. М, Энергия, 1967.

Расчетно-графическое задание №4

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучить методы идентификации апериодических переходных процессов по переходным функциям; приобрести практические навыки в оценивании параметров и структуры идентифицируемых процессов по переходным функциям.

1. НЕОБХОДИМЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Идентификация по переходным функциям является одним из наиболее старых и широко используемых методов . Переходной функцией линейного объекта с сосредоточенными параметрами называется его реакция на единичную ступенчатую функцию:

$$X(t) = \begin{cases} 0, & \text{при } t < 0 \\ 1, & \text{при } t \geq 0 \end{cases}, \quad (4.1)$$

при нулевых начальных условиях.

Методика идентификации по переходным функциям включает в себя подачу на вход объекта испытательного воздействия вида (1), измерение реакции объекта (переходной функции) и обработку измерительной информации.

Достаточно широкий класс промышленных объектов может быть аппроксимирован моделью инерционного звена (или нескольких последовательно включенных инерционных звеньев) с запаздыванием, передаточная функция которой по Лапласу имеет вид:

$$W(p) = \frac{K_m}{(pT_1 + 1)(pT_2 + 1) \dots} e^{-p\tau}, \quad (4.2)$$

где K_m – коэффициент передачи модели с размерностью [ед. изм. выхода/ед. изм. входа],

T_i – i -тая постоянная времени модели, [сек.],

τ – чистое (транспортное) запаздывание, [сек.].

Модельная переходная функция для звена первого порядка имеет вид:

$$h(t) = \begin{cases} K_m \left(1 - e^{-\frac{t-\tau}{T}} \right), & \text{для } t \geq \tau \\ 0, & \text{для } t < \tau \end{cases} \quad (4.3)$$

Исходя из изложенного, задача идентификации формулируется следующим образом: по результатам измерений (записи) переходной функции найти структуру модели (4.1) и оценки ее параметров K_m , T_i , τ . При необходимости предварительно, как изучалось в РГЗ №3, осуществляется сглаживание данных.

1.1. Практическая методика идентификации

В инженерной практике часто бывает необходимым быстро и не очень точно определить оценки K_m , T_i , τ , полагая порядок модельной функции, равным первому. Это осуществляется графическим методом, который иллюстрируется рисунком 4.1.

Последовательность действий при этом такова:

– строят асимптоту переходного процесса ($t \rightarrow \infty$) и по ней определяют K_m ;

- вычисляют значение $0.632 K_m$, строят линию, параллельную оси абсцисс и определяют точку 1 достижения переходной функцией значения $0.632 K_m$;

- проводят через найденную точку 1 вертикаль до пересечения с асимптотой (точка 2);

- из точки 2 проводят касательную к начальному участку переходной функции и находят точку 3.

Искомые оценки легко найти из рисунка 4.1.

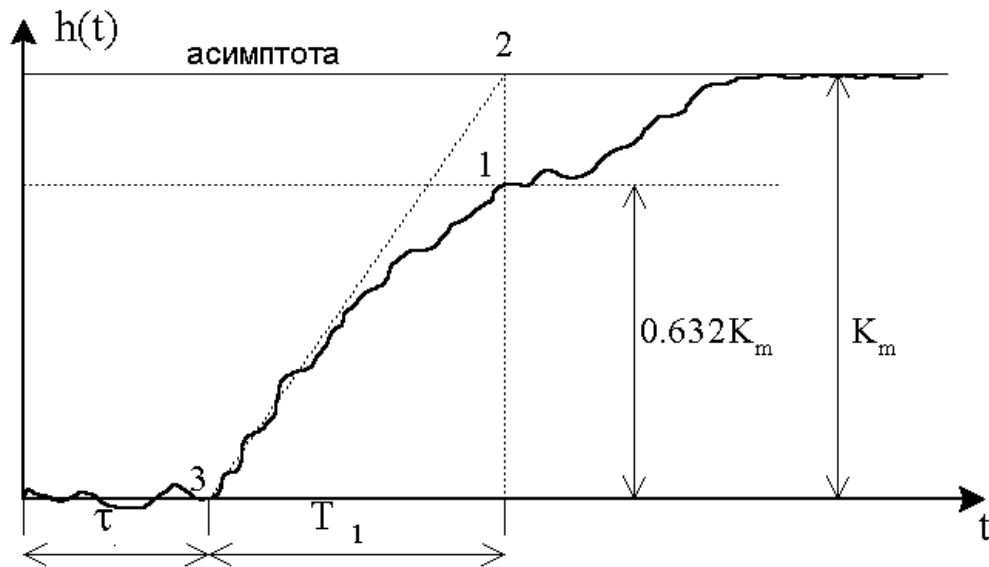


Рисунок 1 – Определение параметров модели графическим методом

1.2. Метод последовательного логарифмирования

Для более точной идентификации объекта используют метод последовательного логарифмирования. Этот метод применим для аппроксимации гладких (неколебательных) переходных функций в виде:

$$h(t) \approx c_0 - \sum_{i=1}^n c_i e^{-\alpha_i t}, \quad (4.4)$$

где $c_0 = h(\infty) \sim K_m$,

c_i, α_i – вещественные числа, причем корни характеристического уравнения α_i должны удовлетворять эмпирическому неравенству $\frac{\alpha_i}{\alpha_i + 1} < 0.5 \dots 0.7$. $i=1, 2, \dots, n-1$. При переходе к передаточной

функции по Лапласу:

$$T = \frac{1}{\alpha_i}. \quad (4.5)$$

Сущность метода заключается в последовательном приближении $h(t)$ вначале решением уравнения первого порядка:

$$h(t) \approx c_0 - c_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t} \text{ или } c_0 - h(t) = h_1(t) \approx c_1 \cdot e^{-\alpha_1 \cdot t}. \quad (4.6)$$

Если такая аппроксимация оказывается неудовлетворительной, то вводится вторая составляющая

$$c_2 \cdot e^{-\alpha_2 \cdot t}, \quad (4.7)$$

т.е. рассматривается модель второго порядка и т.д.

Неизвестные c_i, α_i на каждом этапе аппроксимации определяются с помощью логарифмирования [4.1], откуда метод и получил свое название. Методику идентификации по методу последовательного логарифмирования рассмотрим на конкретном примере.

Пример.

В результате идентификационного эксперимента получена исходная реализация в виде равноотстоящих отсчетов (таблица 4.1). Период дискретизации равен 2 мин. Время чистого запаздывания выделено заранее и равно 3 мин. Оценка коэффициента передачи определена равной 100.

Таблица 1 – Экспериментальные данные идентификации

| | | | | | |
|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| t_i | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 |
| $h(t_i)$ | 0.0 | 8.7 | 25.5 | 43.5 | 58.5 |
| t_i | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| $h(t_i)$ | 70.0 | 78.5 | 84.5 | 88.8 | 92.0 |
| t_i | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
| $h(t_i)$ | 94,3 | 95,9 | 97,0 | 97/9 | 98,5 |
| t_i | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 |
| $h(t_i)$ | 98,9 | 99,2 | 99,4 | 99,6 | 99,7 |
| t_i | 40 | 42 | | | |
| $h(t_i)$ | 99,9 | 100,0 | | | |

Величина c_0 в данном случае равна:

$$h(42)=100; \quad (4.8)$$

Вычтя из нее ординаты функции $h(t_i)$, найдем функцию:

$$h_1(t_i) = c_0 - h(t_i), \quad (4.9)$$

значения которой показаны в таблица 2 (строка 2). Там же приведены величины $\lg|h_1(t_i)|$, а сама функция $\lg|h_1(t)|$ изображена в полулогарифмическом масштабе на рисунке 4.2. Проведем к графику этой функции асимптоту I, пересекающую ось ординат в точке 2.213 и ось абсцисс в точке $t_1=30.6$ мин. Отсюда находим величины c_1 и α_1 :

$$\lg c_1 = 2.213, \text{ или } c_1 = 163.3;$$

$$\alpha_1 = -\frac{\lg c_1}{0.434 \cdot t_1} = -\frac{163.3}{0.434 \cdot 30.6} = -0.166. \quad (4.10)$$

Вычислим функцию

$$c_1 \cdot e^{-\alpha_1 t} = 163.3 \cdot e^{-0.166 t}; \quad t_i = 0, 2, 4, \dots, 42 \quad (4.11)$$

и проставим ее значения в строку 4 (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Обработка данных идентификационного эксперимента

| | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | t_i | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |
| 2 | $ h_1 $ | 100 | 91.3 | 74.5 | 56.5 | 41.5 | 30.0 | 21.5 | 15.5 | 11.2 | 8.0 | 5.7 |
| 3 | $\lg h_1 $ | 2.00 | 1.96 | 1.87 | 1.75 | 1.62 | 1.48 | 1.33 | 1.19 | 1.04 | 0.90 | 0.78 |
| 4 | $c_1 \cdot e^{\alpha_1 t}$ | -1633 | -117 | -84 | -60 | - | - | - | - | - | - | - |
| 5 | $ h_2 $ | 63.3 | 25.7 | 9.5 | 3.8 | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | $\lg h_2 $ | 1.80 | 1.41 | 0.98 | 0.58 | - | - | - | - | - | - | - |
| 1 | t_i | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 |
| 2 | $ h_1 $ | 4.1 | 3.0 | 2.1 | 1.5 | 1.1 | 0.8 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.0 |
| 3 | $\lg h_1 $ | 0.613 | 0.477 | 0.321 | 0.176 | 0.0414 | -0.097 | -0.222 | -0.398 | -0.523 | -1.0 | - |

Далее находится функция «невязок»:

$$h_2(t_i) = h_1(t_i) - 163.3 \cdot e^{-0.166 t_i}, \quad (4.12)$$

значения которой приведены в строке 5 таблицы 4.2. Как видно из таблицы 4.2, в интервале времени 0-6 мин аппроксимация $h_1(t)$ выражением:

$$c_1 \cdot e^{-\alpha_1 t} = 163.3 \cdot e^{-0.166 t} \quad (4.13)$$

неудовлетворительна и надо ввести в рассмотрение второй член разложения (4.4). На рисунке 4.2 построена функция $\lg |h_2(t)|$ и к ней проведена асимптота при $t \rightarrow \infty$. Которая пересекает ось абсцисс в точке $t_2=9.0$ мин и ось ординат в точке $\lg c_2=1.766$. Отсюда имеем:

$$c_2 = 63.24 \text{ и } \alpha_2 = -\frac{1.766}{0.434 \cdot 9} = -0.452.$$

Учитывая отрицательный знак функции $h_2(t)$, получаем $c_2 = -63.24$. Из рисунка 4.2 видно, что асимптота достаточно хорошо совпадает с функцией $\lg |h_2(t)|$; поэтому можно принять $n=2$ и записать аналитическое решение дифференциального уравнения:

$$h(t) = 100(1 - 1.633 \cdot e^{-0.166t} + 0.6624 \cdot e^{-0.452t}). \quad (4.14)$$

Произведем проверку «начальных условий»:

$$h(0) = c_0 - c_1 - c_2 = 100 - 163.3 + 63.24 = -0.06;$$

$$h'(0) = \alpha_1 c_1 + \alpha_2 c_2 = 163.3 \cdot 0.166 - 0.452 \cdot 63.24 = -1.35.$$

Относительная ошибка невелика: несколько больше 2%, поэтому уточнения величин α_i и c_i делать не будем. Для контроля вычислим несколько значений $h(t)$ по аппроксимирующему выражению при $t=2$ мин, $t=6$ мин, $t=20$ мин. Получим соответственно: $h(2)=8.5$; $h(6)=43.9$; $h(20)=94.11$. Ординаты экспериментальной функции $h(t)$ при этих же значениях времени равны 8.7; 43.5 и 94.3. Погрешность измерения и регистрации переходной функции $h(t)$ не менее 0.5% поэтому достигнутая точность приближения ее суммой двух экспонент вполне удовлетворительна и динамические свойства объекта можно описать передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{100 \cdot e^{-3p}}{(1 + 6.03p)(1 + 2.22p)}. \quad (4.15)$$

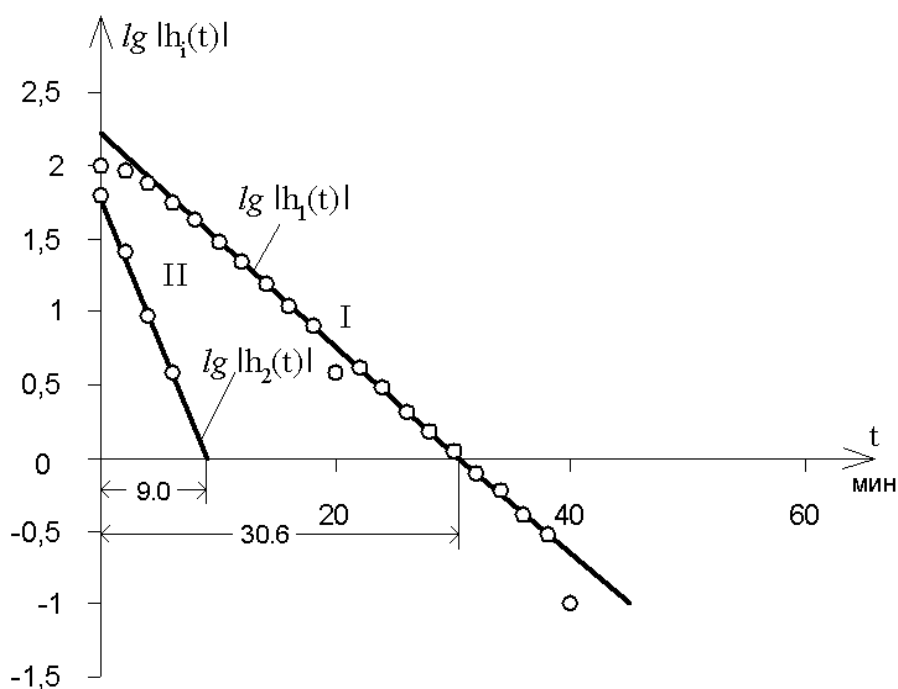


Рисунок 4.2 – Графические данные для идентификации

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Для данных, полученных и сглаженных в РГЗ №3, выполнить идентификацию методом последовательного логарифмирования.

2.2. Для данных, полученных и сглаженных в РГЗ №3, выполнить идентификацию графическим методом.

2.3. Последовательность действий, приведенную в примере, принять в качестве образцовой.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

В отчете привести:

- исходную реализацию в виде таблицы;
- графические построения по типу рисунка 4.1 для определения чистого запаздывания и коэффициента передачи;
- формулы (4.4), (4.5), (4.6), результаты расчетов по этим формулам и графики для определения «невязок»;
- дифференциальное управление, описывающее исследуемый объект и передаточную функцию.

4. ЛИТЕРАТУРА

4.1. Симою М.П. Определение передаточных функций по временным характеристикам линеаризованных систем. Приборостроение, 1958, №3.

4.2. Балакирев В.С., Дудников Е.Г., Цирлин А.М. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. М., Энергия. 1967.

4.3. Гурецкий Х. Анализ и синтез систем управления с запаздыванием: Пер. с польского. -М.: Машиностроение, 1974. -326с.

4.4. Симою М.П. Определение коэффициентов передаточных функций линеаризованных звеньев и систем авторегулирования // Автоматика и телемеханика. - 1957. - №6, т.18. - С.514–528.

Приложение А

Таблица А1 – Исходные данные для расчета РГЗ 1,2

| В-нты | Номера отсчета | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 01 | 11,2 | 11,3 | 11,8 | 11,7 | 11,8 | 11,1 | 11,1 | 11,8 | 11,8 | 11,5 | 11,6 | 12,1 | 11,9 | 12 |
| 02 | 12,4 | 12,7 | 12,2 | 12,8 | 12,3 | 12,7 | 13,1 | 13,1 | 13,1 | 13,1 | 12,7 | 12,4 | 12,7 | 12,2 |
| 03 | 13,1 | 14 | 13,2 | 13,9 | 13,1 | 14 | 13,5 | 14,2 | 14 | 13,4 | 14,1 | 13,8 | 13,9 | 13,3 |
| 04 | 14,9 | 14,8 | 14,1 | 15 | 14,1 | 14,9 | 14,4 | 15,2 | 14,1 | 15,4 | 15,3 | 14,3 | 15,2 | 14,4 |
| 05 | 15,8 | 15,3 | 15,4 | 15,7 | 16 | 15,2 | 15,2 | 15,8 | 15,2 | 15,6 | 15,7 | 16 | 15,5 | 15,4 |
| 06 | 17,2 | 16,8 | 16,1 | 16,4 | 17,3 | 16,5 | 16,3 | 16,9 | 16,4 | 16,2 | 17 | 16,6 | 17,6 | 17,5 |
| 07 | 18,4 | 18,5 | 18 | 18,1 | 17,1 | 17,6 | 17,8 | 17,4 | 18,7 | 18,2 | 17,2 | 18,3 | 18,1 | 18,4 |
| 08 | 18,3 | 19,5 | 19 | 18,2 | 18,5 | 19,1 | 18,1 | 19 | 18,2 | 18,3 | 18,3 | 18,6 | 19,6 | 19,6 |
| 09 | 20,1 | 19,4 | 20,4 | 20 | 20 | 19,8 | 20,3 | 20,4 | 20,3 | 19,7 | 20,6 | 19,3 | 20,4 | 19,2 |
| 10 | 20,9 | 20,8 | 21,8 | 21,2 | 21,7 | 21,2 | 20,7 | 21,1 | 21,8 | 21,1 | 21,9 | 20,4 | 20,4 | 21 |
| 11 | 21,7 | 22,2 | 21,4 | 22,7 | 22 | 22,8 | 22,3 | 22,7 | 21,8 | 21,5 | 22,5 | 22,5 | 22,2 | 21,8 |
| 12 | 22,6 | 23,9 | 22,6 | 23,5 | 22,1 | 23,6 | 23,9 | 23,6 | 23,2 | 23,9 | 24,1 | 22,9 | 23,1 | 23,6 |
| 13 | 24,3 | 24,2 | 23,6 | 24,5 | 24,9 | 24,2 | 25,1 | 23,4 | 23,6 | 24,3 | 24,8 | 23,4 | 24,3 | 24,2 |
| 14 | 26,1 | 25,9 | 24,9 | 24,6 | 24,8 | 24,9 | 24,7 | 24,3 | 25,1 | 25,7 | 25,6 | 26 | 26,3 | 25,5 |
| 15 | 25,2 | 26,3 | 25,6 | 26,8 | 25,4 | 26,7 | 27,3 | 25,9 | 26,4 | 27,3 | 26,8 | 26 | 25,3 | 26,7 |
| 16 | 26,8 | 27,5 | 27,1 | 27,8 | 26,9 | 27,9 | 27,4 | 27,1 | 28,4 | 26,8 | 26,9 | 28,2 | 26,7 | 28,2 |
| 17 | 27,1 | 29,2 | 28,4 | 28,8 | 27,1 | 27,7 | 29,2 | 29 | 28 | 28,7 | 28,9 | 29,3 | 28,7 | 28,5 |
| 18 | 30,5 | 28,4 | 28,9 | 28,4 | 28,3 | 30,2 | 28,8 | 29,6 | 30,6 | 29,6 | 30,3 | 30,6 | 29,3 | 30,3 |
| 19 | 29,8 | 29,1 | 31,1 | 30,8 | 29,4 | 31,1 | 30,9 | 31,4 | 29,8 | 31,7 | 29,5 | 29,9 | 29,5 | 29,3 |
| 20 | 30,6 | 31,1 | 31,8 | 30,6 | 32,3 | 32,2 | 32 | 32,3 | 30,4 | 30,8 | 32,3 | 31,2 | 32 | 32,4 |
| 21 | 32 | 32,2 | 32,4 | 31,4 | 31,7 | 31,5 | 33 | 32,2 | 31,2 | 33,2 | 33 | 31,4 | 32 | 33,8 |
| 22 | 32,8 | 33,3 | 32,9 | 34,4 | 33,3 | 32,2 | 32,8 | 33,1 | 32,6 | 34,9 | 34,1 | 32,6 | 32,4 | 32,4 |
| 23 | 35,1 | 33,1 | 34,7 | 33,4 | 35,9 | 33,5 | 33,7 | 36 | 34,5 | 35 | 35,1 | 35,7 | 33,9 | 35,5 |
| 24 | 34,2 | 34,7 | 35,9 | 35,6 | 36,2 | 36,9 | 36,7 | 35,2 | 34,5 | 34,8 | 35,2 | 37,1 | 37 | 35,7 |
| 25 | 35,7 | 36 | 35,4 | 36 | 37,4 | 36 | 35,5 | 36,9 | 37,8 | 36,1 | 36,5 | 35,4 | 36,4 | 36,7 |
| 26 | 37,6 | 39 | 38,6 | 36,7 | 37,3 | 38,9 | 39,1 | 37,2 | 39,1 | 37,7 | 37,1 | 38,3 | 36,4 | 38,6 |
| 27 | 37,7 | 38,8 | 40 | 39,6 | 39,4 | 40,2 | 37,9 | 39,6 | 40,3 | 39,7 | 38,2 | 40,2 | 39,5 | 38,5 |
| 28 | 39,4 | 40,9 | 38,4 | 40,5 | 39,6 | 39,4 | 39,5 | 38,6 | 39,8 | 39,5 | 39,9 | 40,7 | 40,9 | 38,8 |
| 29 | 42,2 | 39,5 | 41,3 | 40,5 | 39,9 | 41,8 | 42,1 | 40,9 | 39,2 | 39,8 | 42,3 | 39,8 | 41,9 | 40,8 |
| 30 | 40,8 | 42,3 | 42,3 | 43,5 | 40,3 | 40,3 | 41,1 | 42,7 | 41,5 | 43,5 | 42,2 | 41,2 | 42,4 | 42,6 |
| 31 | 11,7 | 11,4 | 11,1 | 11,1 | 11,3 | 11,5 | 11,7 | 12,1 | 12,1 | 11,6 | 11,3 | 12 | 11,7 | 11,8 |
| 32 | 13 | 13,1 | 12,3 | 12,5 | 12,2 | 12,7 | 12,2 | 12,1 | 13,1 | 13 | 12,9 | 12,9 | 12,9 | 12,7 |
| 33 | 14 | 14 | 13,5 | 13,6 | 13,4 | 13,5 | 13,7 | 13,3 | 14 | 14 | 13,4 | 13,6 | 14 | 14 |
| 34 | 14,2 | 14,4 | 14,7 | 15,3 | 14,5 | 14,2 | 15,3 | 14,2 | 15,3 | 15 | 14,7 | 14,7 | 15,3 | 14,3 |
| 35 | 16,2 | 15,3 | 15,1 | 15,4 | 16 | 15,5 | 15,8 | 15,3 | 15,6 | 16 | 15,2 | 16,5 | 15,9 | 15,9 |
| 36 | 16,2 | 17,1 | 17 | 16,8 | 17 | 16,7 | 16,4 | 16,8 | 17,2 | 16,5 | 16,5 | 17,3 | 16,7 | 16,9 |
| 37 | 18,2 | 18,4 | 18,2 | 17,2 | 17,5 | 18,2 | 17,8 | 17,6 | 18 | 17,2 | 18,5 | 17,5 | 17,4 | 18,4 |
| 38 | 18,3 | 18,8 | 18,5 | 18,6 | 19,2 | 18,1 | 19 | 18,5 | 18,6 | 18,8 | 19,3 | 19,3 | 19,4 | 19,1 |
| 39 | 19,5 | 19,1 | 19,8 | 19,8 | 19,7 | 20,3 | 20 | 19,8 | 19,5 | 19,3 | 19,9 | 20,4 | 20,6 | 19,2 |
| 40 | 21,1 | 21,3 | 21 | 20,6 | 20,2 | 21,5 | 20,4 | 20,9 | 21,6 | 21,4 | 21,1 | 21 | 20,3 | 21,6 |
| 41 | 21,3 | 22,1 | 22,1 | 22,4 | 21,9 | 21,4 | 21,4 | 22,1 | 22,2 | 21,4 | 22,2 | 22,3 | 21,6 | 22,5 |
| 42 | 23,6 | 23,3 | 23,6 | 22,5 | 22,7 | 23,7 | 24,1 | 22,4 | 23 | 23,7 | 23,3 | 22,7 | 23 | 23,3 |
| 43 | 24,2 | 24,6 | 23,6 | 25,1 | 24,2 | 24 | 24,3 | 25 | 23,1 | 25,2 | 24,6 | 25 | 24 | 23,8 |
| 44 | 24,4 | 25,3 | 24,8 | 25,5 | 24,5 | 25,7 | 25,4 | 24,9 | 24,8 | 25,2 | 25,7 | 25,8 | 25,1 | 24,9 |
| 45 | 27,2 | 26,2 | 26 | 27 | 27 | 25,9 | 25,8 | 26,2 | 27,3 | 25,3 | 27 | 26,7 | 26,1 | 25,4 |

Продолжение таблицы А1

| Варианты | Номера отсчета | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 01 | 11,5 | 12,2 | 12,2 | 11,4 | 11,5 | 11,5 | 11,4 | 11,8 | 11,5 | 12,1 | 12 | 11,6 | 12 |
| 02 | 12,8 | 12,7 | 13,2 | 13,3 | 13 | 12,5 | 13,2 | 13,2 | 12,5 | 12,3 | 12,9 | 12,4 | 12,4 |
| 03 | 13,5 | 14,2 | 13,2 | 13,6 | 13,8 | 13,4 | 13,7 | 14,4 | 13,7 | 13,8 | 13,6 | 13,8 | 14,4 |
| 04 | 15,3 | 15 | 14,6 | 15,4 | 14,9 | 15,1 | 14,9 | 14,7 | 15 | 15,5 | 14,9 | 15,6 | 15,3 |
| 05 | 16,5 | 16,3 | 16,1 | 16,2 | 15,6 | 15,3 | 16 | 16,4 | 16,5 | 16,6 | 15,6 | 15,5 | 15,8 |
| 06 | 17,6 | 16,4 | 16,4 | 17,5 | 16,5 | 17,7 | 17,4 | 16,7 | 16,4 | 16,9 | 16,4 | 17,3 | 16,9 |
| 07 | 17,9 | 17,4 | 18,7 | 18 | 17,6 | 18,6 | 18,3 | 17,7 | 18,7 | 17,6 | 17,4 | 18 | 18 |
| 08 | 19,1 | 19 | 18,9 | 18,9 | 18,8 | 19,7 | 19,2 | 19,1 | 19,2 | 18,9 | 18,8 | 19,2 | 19,9 |
| 09 | 19,3 | 19,3 | 20,9 | 20 | 19,7 | 20,4 | 20,1 | 20,6 | 20,9 | 21 | 19,6 | 20,8 | 19,6 |
| 10 | 20,6 | 20,7 | 21,7 | 21,7 | 22 | 21,5 | 21,3 | 20,5 | 21,7 | 21,7 | 21,2 | 21,2 | 22 |
| 11 | 21,5 | 21,9 | 23,1 | 22,1 | 21,6 | 22,2 | 21,9 | 22,7 | 21,9 | 23 | 22,1 | 22,2 | 23,1 |
| 12 | 22,5 | 24 | 22,7 | 22,8 | 23,8 | 23 | 23,5 | 23,8 | 24 | 23,3 | 23,7 | 22,4 | 22,4 |
| 13 | 23,2 | 23,3 | 24,6 | 23,4 | 23,8 | 24,1 | 25,1 | 23,8 | 24,6 | 25 | 24,9 | 24,1 | 24,9 |
| 14 | 25,7 | 24,5 | 25,4 | 25,6 | 24,7 | 26,3 | 25,1 | 24,8 | 24,8 | 26,5 | 26,5 | 24,8 | 25,8 |
| 15 | 27,4 | 26,5 | 26,6 | 27,2 | 26,3 | 26,3 | 26,1 | 27,4 | 27,2 | 26,7 | 26,5 | 26,6 | 26,9 |
| 16 | 26,5 | 27,5 | 26,3 | 27,2 | 28,3 | 26,5 | 27,4 | 28 | 28,3 | 27,2 | 28,7 | 27,7 | 26,6 |
| 17 | 29,4 | 27,8 | 27,8 | 28,8 | 28,9 | 28 | 29,2 | 29,1 | 27,4 | 29,4 | 29,3 | 27,8 | 29,2 |
| 18 | 28,8 | 29,3 | 30,7 | 30,5 | 30 | 28,6 | 28,8 | 29,5 | 29,9 | 30,3 | 29,6 | 30,6 | 28,8 |
| 19 | 31,1 | 30,3 | 30,4 | 30,4 | 30,2 | 29,7 | 29,3 | 29,5 | 30,9 | 30,3 | 31,1 | 30,9 | 31,3 |
| 20 | 30,5 | 31,7 | 32,9 | 31,7 | 32,4 | 31,7 | 32,8 | 32,7 | 32,6 | 31,1 | 33 | 31,3 | 30,5 |
| 21 | 33 | 33,6 | 32,4 | 32,5 | 33,9 | 33,5 | 32,1 | 33,6 | 32,8 | 31,9 | 31,6 | 33,2 | 32,7 |
| 22 | 35 | 33,6 | 33,5 | 32,9 | 35,1 | 35,2 | 33,6 | 35 | 33,2 | 35,3 | 35,3 | 34,1 | 35,1 |
| 23 | 33,3 | 33,3 | 34,4 | 35,5 | 33,8 | 35,4 | 33,9 | 33,9 | 33,6 | 33,6 | 34,5 | 33,5 | 36 |
| 24 | 34,5 | 36,9 | 36,4 | 34,6 | 35,4 | 35,5 | 36,4 | 36,2 | 35,7 | 36,6 | 34,6 | 36,3 | 35,3 |
| 25 | 36,9 | 35,4 | 37,9 | 38,3 | 38 | 36,2 | 37,7 | 38,5 | 38,2 | 37,6 | 37,1 | 35,7 | 37,9 |
| 26 | 39,1 | 38 | 36,4 | 38,6 | 36,3 | 38,2 | 39 | 39 | 38,1 | 38,6 | 37,9 | 38 | 36,9 |
| 27 | 40,2 | 39,8 | 38 | 40,5 | 39,5 | 38 | 38,8 | 38,7 | 38,5 | 38,7 | 39,1 | 39,3 | 40,6 |
| 28 | 40,8 | 38,4 | 41,1 | 39,2 | 39 | 40,7 | 38,5 | 39,5 | 38,9 | 41,2 | 41,8 | 39,1 | 41,8 |
| 29 | 42,6 | 42,1 | 40,7 | 40,6 | 40,4 | 40,2 | 42 | 39,7 | 41,7 | 42,2 | 39,9 | 40 | 40,4 |
| 30 | 43,7 | 42,7 | 41,1 | 43,2 | 40,5 | 42,2 | 40,7 | 43,9 | 44 | 43,8 | 41,4 | 40,8 | 40,6 |
| 31 | 12,1 | 12,1 | 11,9 | 11,4 | 11,5 | 11,5 | 12,1 | 12,2 | 11,3 | 11,4 | 12 | 11,4 | 11,7 |
| 32 | 13,2 | 12,4 | 13,1 | 12,8 | 12,8 | 12,6 | 12,9 | 12,8 | 13,1 | 13,3 | 12,5 | 13,1 | 12,7 |
| 33 | 13,2 | 13,6 | 14,3 | 14,3 | 14,4 | 13,8 | 14,4 | 14,3 | 13,6 | 13,7 | 14 | 14,1 | 13,9 |
| 34 | 14,6 | 14,8 | 14,8 | 15,5 | 14,9 | 14,3 | 14,6 | 14,6 | 14,7 | 15,1 | 15,2 | 15,3 | 14,8 |
| 35 | 15,2 | 16,6 | 15,2 | 16,5 | 16 | 16,5 | 15,5 | 15,5 | 15,9 | 15,4 | 15,9 | 16,6 | 16,5 |
| 36 | 16,6 | 16,8 | 17,3 | 16,6 | 17,1 | 17,4 | 16,7 | 17,1 | 16,4 | 17,5 | 17,4 | 17,2 | 16,9 |
| 37 | 18 | 17,5 | 17,6 | 18 | 18,8 | 17,5 | 17,8 | 18,4 | 18,7 | 17,4 | 18,3 | 18 | 18,7 |
| 38 | 19,6 | 19,7 | 19,4 | 19,6 | 19,4 | 19,7 | 19,7 | 19,3 | 19,8 | 18,9 | 19,8 | 19 | 19,9 |
| 39 | 20,2 | 20,8 | 20,7 | 19,5 | 20,1 | 20,6 | 19,5 | 20,9 | 20,5 | 19,9 | 20 | 20,1 | 20,3 |
| 40 | 21,9 | 20,4 | 21,1 | 21,3 | 20,3 | 20,6 | 21,7 | 20,9 | 21,5 | 21 | 20,8 | 20,6 | 20,6 |
| 41 | 21,8 | 22 | 22,6 | 21,8 | 22,5 | 21,3 | 22,5 | 21,5 | 21,9 | 22,3 | 21,9 | 21,5 | 21,4 |
| 42 | 22,5 | 24,1 | 23,3 | 23,5 | 22,8 | 23,2 | 22,6 | 22,8 | 23 | 23,3 | 22,6 | 23,9 | 23,5 |
| 43 | 23,2 | 24,1 | 25 | 25,3 | 24,4 | 23,8 | 24,2 | 23,8 | 24,3 | 24,7 | 23,7 | 24,5 | 23,7 |
| 44 | 25,4 | 24,3 | 24,4 | 25,8 | 25 | 25,2 | 25,4 | 25,1 | 24,4 | 24,7 | 26,4 | 26,2 | 24,9 |
| 45 | 25,6 | 26 | 26 | 25,6 | 27 | 27,5 | 26,6 | 26,9 | 26,5 | 25,6 | 26,5 | 26,5 | 26,8 |

Продолжение таблицы А1

| Варианты | Номера отсчета | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 01 | 12 | 11,4 | 11,8 | 11,6 | 12,3 | 11,9 | 12,1 | 12,3 | 12 | 11,5 | 11,9 | 11,9 | 11,6 |
| 02 | 13,4 | 13,3 | 13,3 | 12,6 | 12,9 | 12,6 | 12,6 | 13,3 | 12,6 | 13,6 | 13,6 | 12,7 | 12,9 |
| 03 | 13,6 | 13,8 | 14 | 13,5 | 14,6 | 13,6 | 13,5 | 14,3 | 14,4 | 14,6 | 14,1 | 14,7 | 14,1 |
| 04 | 14,5 | 14,4 | 14,6 | 14,9 | 15,4 | 14,7 | 14,4 | 14,5 | 14,7 | 14,6 | 15,5 | 15,2 | 15,5 |
| 05 | 16,2 | 15,6 | 16,1 | 15,5 | 15,7 | 16,2 | 15,9 | 16,8 | 16,1 | 15,9 | 16,7 | 16,8 | 16,7 |
| 06 | 17,1 | 17,3 | 16,8 | 17 | 17,5 | 17 | 17,2 | 17,4 | 16,7 | 17,9 | 17,6 | 17,7 | 17,9 |
| 07 | 17,5 | 17,8 | 18,4 | 18,4 | 17,4 | 17,7 | 18,3 | 18,7 | 17,7 | 18,6 | 18 | 17,9 | 18,6 |
| 08 | 19,6 | 18,8 | 19,3 | 19,9 | 18,8 | 18,8 | 20,1 | 18,8 | 19,1 | 18,7 | 19,5 | 19,1 | 18,7 |
| 09 | 19,7 | 20,3 | 20,9 | 20,6 | 20,9 | 20,6 | 21,2 | 21 | 19,9 | 20,6 | 19,9 | 19,6 | 21,1 |
| 10 | 21,5 | 21,7 | 20,9 | 22,1 | 21,8 | 21,1 | 21,5 | 20,5 | 21,1 | 21,1 | 21,4 | 20,6 | 22,1 |
| 11 | 22,9 | 21,8 | 21,7 | 22,2 | 23,2 | 22,8 | 22,7 | 22,3 | 23 | 22,2 | 22,6 | 22,2 | 22,4 |
| 12 | 23,3 | 23,1 | 23 | 23,8 | 23,4 | 23,6 | 23,4 | 24,2 | 24,3 | 23,5 | 23,2 | 24,3 | 23,4 |
| 13 | 23,5 | 24,4 | 24,1 | 23,8 | 24,1 | 23,5 | 24,3 | 23,8 | 25,1 | 25,1 | 24,2 | 23,6 | 24,9 |
| 14 | 24,5 | 25,6 | 25,5 | 25,1 | 26,6 | 26,1 | 26,4 | 25 | 25,1 | 25,5 | 26,3 | 26,5 | 25,8 |
| 15 | 26,7 | 26,2 | 26,7 | 26,2 | 25,8 | 26,7 | 26,9 | 27,3 | 26,5 | 26,4 | 27,8 | 26,4 | 27,5 |
| 16 | 27,2 | 26,6 | 28,4 | 27,5 | 27,4 | 27,7 | 27,7 | 27,8 | 27,6 | 28,1 | 27,2 | 28,5 | 28,4 |
| 17 | 27,8 | 29,6 | 29,6 | 28,1 | 29,9 | 29,1 | 28,4 | 29,7 | 28,3 | 28,7 | 28,6 | 28 | 29,1 |
| 18 | 29,7 | 29,3 | 30,4 | 29,1 | 29,5 | 29,6 | 30,2 | 30,6 | 30,5 | 29,9 | 29,5 | 30,9 | 31,1 |
| 19 | 30,8 | 31,8 | 30,5 | 30,7 | 30,5 | 29,8 | 31,4 | 30,6 | 31,4 | 31 | 30,6 | 32,1 | 31,5 |
| 20 | 31,7 | 32,6 | 31,2 | 32,3 | 30,9 | 33 | 32,7 | 32,9 | 31,4 | 32 | 31,2 | 31,4 | 32,7 |
| 21 | 32,5 | 32,6 | 32,3 | 32,8 | 33,1 | 34,2 | 32,3 | 33,4 | 33 | 33,7 | 34,1 | 33,2 | 31,7 |
| 22 | 33,4 | 35,1 | 34,2 | 33,6 | 35,3 | 34,5 | 34 | 33,2 | 33 | 33,5 | 34,7 | 33,6 | 34,8 |
| 23 | 35,8 | 33,6 | 36,1 | 34,5 | 34,8 | 35,1 | 36,5 | 36 | 34,1 | 36,1 | 35,5 | 34 | 34,5 |
| 24 | 34,9 | 36,7 | 35,1 | 34,6 | 35,2 | 35,7 | 34,9 | 35,9 | 34,7 | 35,9 | 36,6 | 37,4 | 34,6 |
| 25 | 35,7 | 36,7 | 36,3 | 36,7 | 37,4 | 36,1 | 35,7 | 38,3 | 38,4 | 36,9 | 36,1 | 37,4 | 35,7 |
| 26 | 39 | 37,9 | 39,5 | 37,3 | 38 | 38,8 | 36,6 | 39,8 | 38 | 37,3 | 39,5 | 37 | 39,8 |
| 27 | 40 | 40,3 | 40,8 | 40,1 | 40 | 39,5 | 40,6 | 39,4 | 39,6 | 37,9 | 39,4 | 40,4 | 40,6 |
| 28 | 38,5 | 38,6 | 40,3 | 40,9 | 39,3 | 41,3 | 38,9 | 40,9 | 41,8 | 40,1 | 39,6 | 38,7 | 41,1 |
| 29 | 40,5 | 41 | 41,6 | 40 | 40,5 | 40,5 | 42,7 | 43 | 42,2 | 39,8 | 42,2 | 40,6 | 42,1 |
| 30 | 42,3 | 42,4 | 41 | 42 | 41,3 | 43,1 | 43,2 | 43,4 | 43 | 43,1 | 42 | 41,6 | 40,8 |
| 31 | 11,5 | 12,1 | 12 | 11,5 | 11,7 | 11,5 | 11,6 | 12,1 | 12 | 12,2 | 12,2 | 12,5 | 12,4 |
| 32 | 13,4 | 13,3 | 12,8 | 13,5 | 13,1 | 12,5 | 12,8 | 12,5 | 13,5 | 13,1 | 13,3 | 12,9 | 12,7 |
| 33 | 14,1 | 14,4 | 13,5 | 14,2 | 14,2 | 14,3 | 13,7 | 14,4 | 14,2 | 13,8 | 13,8 | 14,5 | 14,1 |
| 34 | 15,3 | 14,8 | 14,7 | 15,6 | 15,5 | 15,5 | 14,9 | 15,5 | 15,5 | 15,2 | 15,5 | 14,8 | 14,9 |
| 35 | 16 | 16,5 | 16,5 | 16,7 | 16 | 16,1 | 16,7 | 16,6 | 15,7 | 16,8 | 16,7 | 16,1 | 16,3 |
| 36 | 16,8 | 17,3 | 17,5 | 16,4 | 16,7 | 17,6 | 17 | 17,3 | 17,7 | 16,8 | 17 | 16,8 | 17,3 |
| 37 | 18,6 | 18,2 | 18,3 | 18,1 | 18,4 | 18,8 | 17,9 | 18,8 | 18,9 | 18,5 | 18,4 | 18,7 | 18,6 |
| 38 | 19,5 | 18,5 | 19,2 | 19,4 | 19,4 | 19,2 | 18,6 | 19,1 | 20,1 | 18,8 | 19,1 | 19,4 | 20 |
| 39 | 19,9 | 19,5 | 20,4 | 19,8 | 21 | 20,2 | 20,1 | 20,8 | 21,1 | 20,9 | 20,5 | 20,2 | 20,5 |
| 40 | 21,4 | 21,9 | 21,4 | 21,9 | 21,3 | 22 | 21,5 | 21,3 | 20,8 | 22,3 | 22,2 | 21,1 | 22,3 |
| 41 | 22 | 22,5 | 23,2 | 22,8 | 22,6 | 23 | 23,4 | 22,1 | 22,3 | 22,3 | 22,1 | 22,3 | 22,8 |
| 42 | 24,1 | 23,5 | 23,4 | 24,3 | 24,2 | 24,1 | 23,9 | 24,3 | 24,4 | 22,6 | 24,5 | 23,2 | 23,9 |
| 43 | 23,9 | 23,5 | 25,1 | 24,8 | 24,4 | 24,5 | 25,3 | 23,6 | 25,4 | 25 | 24,5 | 25,4 | 25 |
| 44 | 25,5 | 26,1 | 25,5 | 26,6 | 25,2 | 26,5 | 26 | 25,1 | 25,9 | 24,8 | 25,8 | 25,1 | 25,1 |
| 45 | 27,6 | 26,2 | 27,5 | 26,7 | 25,8 | 25,9 | 27,3 | 27,3 | 26,7 | 26,8 | 26,4 | 26 | 25,7 |

Таблица А2 – исходные данные для РГЗ 1, 2

| В-нты | Номера отсчета | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 46 | 26,6 | 26,4 | 26,8 | 26,2 | 26,3 | 26,7 | 28,1 | 28 | 27,9 | 27,7 | 27,4 | 27,2 | 26,5 | 27,7 |
| 47 | 28,1 | 27,6 | 28,7 | 29,3 | 28,2 | 27,8 | 27,6 | 27,6 | 28,7 | 28,9 | 27,4 | 29,4 | 29,2 | 27,8 |
| 48 | 28,6 | 30 | 30,2 | 29,7 | 30,5 | 28,9 | 28,3 | 28,4 | 30,6 | 29,4 | 29,4 | 29,5 | 28,4 | 28,8 |
| 49 | 30,7 | 30 | 30,4 | 29,2 | 31,7 | 29,4 | 30,3 | 30,3 | 30,4 | 29,4 | 31,1 | 30,1 | 30 | 31,5 |
| 50 | 32,2 | 31,5 | 30,6 | 32 | 31,5 | 32,4 | 30,3 | 31,4 | 32,7 | 30,8 | 31,2 | 31,9 | 32,1 | 30,8 |
| 51 | 31,9 | 31,8 | 32,8 | 33,9 | 33,7 | 31,9 | 33,8 | 32,3 | 33 | 32,4 | 32,4 | 31,4 | 31,6 | 32,7 |
| 52 | 33,1 | 32,3 | 33,7 | 34,9 | 34,9 | 32,2 | 33,1 | 33,5 | 33,3 | 34,3 | 33,6 | 33,4 | 33 | 34,2 |
| 53 | 33,1 | 33,5 | 34,7 | 33,4 | 34,2 | 33,3 | 35,3 | 34,4 | 35,1 | 35,2 | 35,9 | 34,2 | 35,3 | 34,9 |
| 54 | 35,9 | 34,9 | 36,6 | 35,5 | 34,4 | 34,7 | 35,8 | 36,3 | 36,2 | 35,3 | 35,8 | 37,1 | 36,4 | 36,2 |
| 55 | 36 | 35,3 | 35,6 | 35,3 | 35,1 | 37 | 36,9 | 36,2 | 35,8 | 38,2 | 36,4 | 36,2 | 35,8 | 38 |
| 56 | 38,7 | 37,7 | 38,8 | 36,4 | 38,4 | 38,3 | 37,9 | 37 | 39,4 | 38,5 | 37,2 | 38,8 | 36,3 | 39,5 |
| 57 | 38,3 | 37,4 | 40,1 | 40,4 | 40,3 | 38,6 | 38,5 | 39,8 | 38,4 | 37,4 | 40,1 | 38,4 | 39,1 | 38 |
| 58 | 38,7 | 41,1 | 38,2 | 41,3 | 40,1 | 40,2 | 38,5 | 41,1 | 38,3 | 38,9 | 38,9 | 40,3 | 38,3 | 40,1 |
| 59 | 41,8 | 40,4 | 41,4 | 39,4 | 40,9 | 40,5 | 41,2 | 39,3 | 39,5 | 39,8 | 41,9 | 42,5 | 40,3 | 42,8 |
| 60 | 40,1 | 42 | 43,6 | 40,4 | 40,7 | 43,7 | 42,3 | 43,4 | 40,4 | 42,7 | 41,2 | 42,7 | 42,6 | 40,3 |
| 61 | 11,4 | 11,5 | 11,5 | 11,6 | 11,2 | 11,9 | 11,7 | 11,7 | 12,1 | 11,3 | 11,8 | 11,4 | 11,8 | 11,3 |
| 62 | 12,1 | 12,5 | 13,1 | 12,4 | 12,7 | 12,4 | 12,2 | 12,8 | 12,8 | 12,2 | 12,5 | 12,6 | 12,4 | 12,9 |
| 63 | 13,5 | 13,9 | 13,9 | 13,7 | 13,8 | 13,2 | 13,3 | 13,5 | 13,9 | 13,4 | 13,9 | 13,6 | 13,4 | 13,8 |
| 64 | 14,7 | 14,9 | 14,5 | 14,2 | 15,1 | 14,7 | 14,6 | 14,3 | 15 | 14,4 | 14,3 | 14,8 | 15,4 | 14,5 |
| 65 | 16,1 | 16 | 15,1 | 15,8 | 15,2 | 16,2 | 15,4 | 16,4 | 16,3 | 15,8 | 15,4 | 16,3 | 16,4 | 15,6 |
| 66 | 17,4 | 17,2 | 16,2 | 17,2 | 17,4 | 16,7 | 17,4 | 16,9 | 17,4 | 17,4 | 17,5 | 17,1 | 17,4 | 17,2 |
| 67 | 18,5 | 17,6 | 18,2 | 18 | 17,7 | 18 | 17,8 | 17,4 | 17,9 | 17,4 | 18,4 | 18,6 | 17,8 | 17,9 |
| 68 | 19 | 19,6 | 18,8 | 19,6 | 18,2 | 18,4 | 18,6 | 18,9 | 18,7 | 18,4 | 19 | 18,2 | 18,5 | 19,7 |
| 69 | 20,7 | 19,7 | 19,4 | 19,3 | 20,4 | 19,9 | 20,2 | 20,7 | 20,4 | 19,5 | 19,7 | 20,5 | 20,7 | 19,3 |
| 70 | 20,4 | 20,9 | 21,5 | 20,2 | 20,7 | 21,9 | 21,5 | 20,4 | 21,8 | 20,5 | 21,9 | 21,9 | 20,6 | 21,7 |
| 71 | 22,3 | 22,7 | 21,2 | 21,4 | 22,5 | 21,8 | 22,7 | 22,9 | 22,8 | 22,5 | 21,3 | 22,5 | 22,5 | 22,5 |
| 72 | 22,7 | 22,9 | 23,9 | 23,3 | 23,2 | 22,2 | 24 | 24 | 22,2 | 22,7 | 23,6 | 23,1 | 22,9 | 23,1 |
| 73 | 24,7 | 23,9 | 24,2 | 23,8 | 25,1 | 23,8 | 25,1 | 23,4 | 23,6 | 24,4 | 24,7 | 23,2 | 24,7 | 24,7 |
| 74 | 26,2 | 25,1 | 25,4 | 26 | 25,6 | 24,9 | 24,5 | 24,6 | 24,1 | 25,8 | 25,1 | 25,7 | 26,2 | 26,1 |
| 75 | 27,2 | 25,9 | 26,9 | 26,6 | 26 | 27,3 | 25,3 | 25,7 | 26,4 | 25,7 | 25,5 | 26,2 | 27,3 | 25,7 |
| 76 | 26,1 | 26,8 | 26,9 | 26,3 | 26,9 | 28,4 | 28 | 27,6 | 27 | 26,6 | 27,9 | 28,5 | 26,3 | 27,1 |
| 77 | 27,3 | 27,2 | 27,8 | 28,8 | 27,2 | 29,3 | 27,2 | 28,4 | 29,1 | 28,1 | 29,3 | 27,3 | 29,2 | 28,5 |
| 78 | 28,3 | 29,6 | 29,4 | 28,6 | 29,9 | 29,4 | 30,5 | 29,6 | 30,2 | 30,2 | 28,5 | 28,4 | 30,7 | 29,2 |
| 79 | 29,2 | 29,3 | 31,5 | 30,1 | 30 | 29,8 | 30,5 | 30,2 | 30 | 30,3 | 29,6 | 30 | 31,4 | 30,1 |
| 80 | 32,5 | 31,4 | 31,4 | 31,4 | 30,2 | 32,8 | 30,8 | 31,7 | 30,7 | 32,9 | 32,4 | 30,2 | 31,6 | 32,4 |
| 81 | 32,4 | 33,8 | 32,7 | 31,4 | 33,1 | 33,1 | 31,8 | 32,2 | 32,8 | 31,8 | 31,7 | 31,7 | 33,6 | 32,3 |
| 82 | 34,7 | 33,1 | 33,2 | 32,3 | 34,3 | 33,8 | 33,3 | 32,5 | 33,9 | 33,8 | 34,9 | 32,9 | 33,7 | 34,1 |
| 83 | 34,8 | 34 | 35,5 | 35,9 | 33,4 | 36 | 34,5 | 34,6 | 35,9 | 33,6 | 34,9 | 35,4 | 36 | 34,1 |
| 84 | 34,4 | 36,7 | 34,4 | 34,9 | 37 | 35,9 | 36,5 | 34,7 | 36,7 | 34,8 | 37,1 | 35,2 | 35,6 | 37 |
| 85 | 35,6 | 36,7 | 35,2 | 36,8 | 38 | 36,3 | 35,6 | 35,7 | 38,1 | 35,8 | 37,1 | 36,1 | 36,9 | 35,4 |
| 86 | 36,6 | 37,4 | 38 | 37,7 | 38,6 | 37,3 | 39 | 38,1 | 38,8 | 37,6 | 36,5 | 39,3 | 37,1 | 38,4 |
| 87 | 39,8 | 37,8 | 37,8 | 37,8 | 38,1 | 39,2 | 38,6 | 38,8 | 38,9 | 39,3 | 39,9 | 39,4 | 39,8 | 39,2 |
| 88 | 41 | 38,3 | 41 | 39,7 | 38,3 | 39,9 | 41,4 | 38,6 | 39,6 | 40,9 | 40 | 39,1 | 38,4 | 41,2 |
| 89 | 39,7 | 42 | 39,5 | 39,3 | 40,5 | 40,8 | 41,1 | 40,3 | 40,7 | 40,5 | 40,2 | 42,5 | 39,8 | 42,3 |
| 90 | 42,1 | 43,6 | 41 | 41,4 | 42,2 | 41,2 | 43,4 | 42,4 | 40,9 | 40,4 | 41,1 | 41,8 | 43,6 | 42,6 |

Продолжение таблицы А2

| Варианты | Номера отсчета | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |
| 46 | 28 | 26,8 | 27,5 | 26,4 | 28,2 | 28,3 | 28,1 | 26,9 | 27,7 | 28,7 | 27,1 | 27,3 | 27,6 |
| 47 | 27,9 | 27,3 | 29,3 | 28,4 | 28,2 | 28,9 | 28,6 | 28,3 | 29,3 | 28,2 | 29,1 | 27,9 | 28,6 |
| 48 | 30 | 28,6 | 28,5 | 30,6 | 29,2 | 30,5 | 30,5 | 30 | 29,3 | 29,5 | 30,6 | 30 | 29,8 |
| 49 | 31,2 | 30,4 | 30,6 | 31,7 | 30 | 31,2 | 31,8 | 29,6 | 29,9 | 29,8 | 29,7 | 31,6 | 31,3 |
| 50 | 32,2 | 32,1 | 31,9 | 31,9 | 31,9 | 31,5 | 32,4 | 32,8 | 32,2 | 32,6 | 31,8 | 32,1 | 30,9 |
| 51 | 33,2 | 31,7 | 31,9 | 31,9 | 33,4 | 31,4 | 33,4 | 32,9 | 32,1 | 33,6 | 33,3 | 33 | 33,7 |
| 52 | 34 | 32,9 | 34,5 | 34,6 | 34,3 | 32,7 | 33,5 | 33,7 | 33,2 | 33 | 33,2 | 35 | 32,7 |
| 53 | 34,3 | 36,1 | 34,8 | 34,6 | 34,6 | 36,1 | 33,7 | 34,8 | 34,9 | 33,4 | 34,9 | 34,5 | 36,2 |
| 54 | 34,5 | 36,2 | 36,7 | 36,2 | 36,5 | 35,3 | 35 | 34,9 | 36,8 | 37,1 | 37,3 | 36,3 | 35,9 |
| 55 | 36,4 | 36,7 | 35,4 | 36,6 | 35,8 | 36,7 | 37 | 38,1 | 38,1 | 37,8 | 36 | 38,5 | 38,1 |
| 56 | 39 | 38,8 | 38,6 | 39,4 | 38,5 | 38,6 | 37,3 | 36,5 | 39,5 | 38,8 | 39,6 | 39,1 | 36,5 |
| 57 | 38,6 | 38,4 | 40,6 | 39,5 | 37,4 | 38,3 | 39,6 | 37,7 | 39,9 | 40,7 | 40,4 | 40,1 | 39,5 |
| 58 | 40,6 | 38,3 | 41,6 | 41,3 | 39,4 | 38,4 | 39,8 | 40,1 | 38,6 | 38,9 | 40,1 | 41,8 | 40,3 |
| 59 | 41,6 | 41,2 | 42,4 | 42 | 42,1 | 42 | 41,5 | 39,4 | 39,9 | 40,6 | 41,5 | 39,5 | 40,1 |
| 60 | 42,5 | 41 | 41,5 | 41,2 | 41,3 | 41,3 | 41,6 | 42,2 | 43,6 | 44 | 42 | 43,9 | 40,7 |
| 61 | 11,9 | 11,6 | 12 | 11,6 | 11,6 | 11,5 | 11,7 | 11,3 | 11,4 | 11,5 | 12,3 | 11,7 | 11,9 |
| 62 | 13,1 | 13 | 13 | 12,7 | 12,7 | 13,2 | 13,3 | 13,3 | 12,5 | 12,3 | 12,6 | 12,4 | 12,9 |
| 63 | 13,9 | 13,5 | 13,4 | 13,4 | 13,5 | 14,3 | 14,1 | 13,9 | 13,6 | 13,7 | 14,3 | 13,6 | 13,9 |
| 64 | 15,1 | 14,2 | 14,7 | 14,7 | 14,3 | 15,4 | 14,6 | 14,3 | 15 | 15,4 | 14,9 | 15,1 | 15 |
| 65 | 16,4 | 16,3 | 16,5 | 15,4 | 16,1 | 15,6 | 16,1 | 15,8 | 15,4 | 16 | 15,9 | 16 | 15,7 |
| 66 | 16,9 | 16,6 | 17,5 | 17,3 | 17,6 | 17 | 16,4 | 16,5 | 17,4 | 17,4 | 17 | 17,5 | 17,7 |
| 67 | 18,5 | 18,2 | 18,7 | 17,9 | 18,3 | 18,6 | 18,7 | 18,5 | 18,3 | 17,8 | 18,1 | 18,5 | 18,3 |
| 68 | 19,6 | 19,2 | 19,1 | 19,1 | 19,1 | 19,5 | 19,2 | 19,7 | 19,8 | 18,4 | 20 | 18,8 | 19,3 |
| 69 | 19,4 | 19,8 | 20,7 | 20,8 | 20,1 | 19,7 | 19,8 | 19,8 | 21 | 19,4 | 20,1 | 19,7 | 19,7 |
| 70 | 20,3 | 20,9 | 20,6 | 22 | 21,2 | 22 | 20,8 | 21 | 21,2 | 20,9 | 22,1 | 21,1 | 20,5 |
| 71 | 21,6 | 21,9 | 22,6 | 23 | 22,9 | 22,7 | 21,6 | 23,2 | 23,1 | 21,8 | 21,7 | 22,3 | 21,4 |
| 72 | 23,4 | 23,5 | 23,6 | 23,2 | 22,7 | 23,5 | 22,8 | 22,9 | 23,5 | 23,9 | 22,8 | 23,9 | 23,3 |
| 73 | 24,1 | 23,7 | 24,8 | 24,6 | 23,8 | 24 | 23,9 | 25 | 25,4 | 23,5 | 24,9 | 23,6 | 24 |
| 74 | 24,8 | 24,9 | 25,9 | 24,4 | 24,9 | 25,4 | 24,6 | 24,5 | 24,9 | 25 | 25 | 25,7 | 25,5 |
| 75 | 27,1 | 25,9 | 26,2 | 26,3 | 27,4 | 26,7 | 25,6 | 25,8 | 26,8 | 26,2 | 26,2 | 27,1 | 27 |
| 76 | 27,9 | 26,4 | 27,1 | 27,2 | 26,6 | 27,4 | 27,1 | 28,3 | 27,2 | 28,4 | 28,1 | 27,7 | 27,6 |
| 77 | 28,2 | 29,4 | 29,1 | 28,7 | 28,1 | 29,1 | 29,7 | 28,5 | 28 | 27,5 | 28,8 | 29,8 | 27,6 |
| 78 | 30,1 | 29 | 29,3 | 30,5 | 29,3 | 28,7 | 30,8 | 30,5 | 30,6 | 29,6 | 30,1 | 28,9 | 29,7 |
| 79 | 30,7 | 30,3 | 30,7 | 30,3 | 31,7 | 30,2 | 31,5 | 31,4 | 30,1 | 30,8 | 31,6 | 32 | 29,5 |
| 80 | 31,4 | 30,6 | 30,7 | 30,4 | 31,5 | 30,9 | 33 | 31,1 | 31 | 31,5 | 32,6 | 33 | 32,9 |
| 81 | 31,7 | 32,7 | 31,4 | 33,8 | 31,6 | 33,9 | 31,7 | 33,4 | 32,8 | 33,5 | 33,4 | 33,7 | 32,3 |
| 82 | 33,8 | 35 | 35 | 33,6 | 32,7 | 35,2 | 33,8 | 33,9 | 32,5 | 33,5 | 33,4 | 34,2 | 33,3 |
| 83 | 33,4 | 36 | 33,9 | 35 | 33,4 | 35,2 | 34,4 | 34,7 | 36 | 34,2 | 34,7 | 35,3 | 35,8 |
| 84 | 37,1 | 34,8 | 36,8 | 36,2 | 36,5 | 37,3 | 35 | 37,4 | 36,1 | 36,5 | 36,4 | 36,5 | 36,7 |
| 85 | 36,6 | 36,3 | 37,1 | 38,3 | 35,7 | 35,9 | 36,6 | 35,6 | 36,4 | 35,5 | 38,3 | 37,6 | 37,7 |
| 86 | 38,4 | 38,1 | 39,3 | 39,2 | 39,4 | 37 | 38,1 | 39,4 | 37,4 | 39,3 | 36,4 | 39,1 | 37,6 |
| 87 | 38,7 | 40 | 40,2 | 37,9 | 39,4 | 38,8 | 37,6 | 38,7 | 39,9 | 40 | 39,6 | 39,1 | 38,4 |
| 88 | 39,9 | 41,2 | 40,5 | 39,8 | 39,9 | 39,7 | 41,7 | 41,5 | 40,6 | 39,8 | 38,7 | 38,9 | 40,8 |
| 89 | 42,6 | 42,8 | 39,9 | 40,9 | 42,4 | 42 | 39,3 | 39,4 | 39,6 | 39,9 | 40,9 | 40,9 | 40,6 |
| 90 | 42,3 | 41 | 43,5 | 40,9 | 41,9 | 40,7 | 43,7 | 42 | 42 | 43,7 | 40,7 | 42,1 | 41,1 |

Продолжение таблицы А2

| Варианты | Номера отсчета | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 46 | 28,6 | 28,1 | 28,4 | 27,2 | 28,5 | 28,5 | 27,1 | 27,2 | 26,6 | 27,8 | 28,2 | 27,1 | 27,1 |
| 47 | 27,4 | 28,2 | 27,8 | 28,5 | 28,5 | 29,3 | 29,5 | 28,2 | 29,6 | 28,5 | 29,1 | 29,3 | 28,8 |
| 48 | 30,2 | 28,8 | 29,1 | 29,6 | 29,6 | 29,4 | 30,1 | 29,6 | 30,6 | 29,4 | 29,5 | 30 | 28,7 |
| 49 | 29,7 | 30,6 | 30,1 | 29,8 | 30,5 | 31 | 29,6 | 30 | 31,8 | 31 | 30,3 | 30,8 | 29,9 |
| 50 | 31,3 | 31,1 | 32,8 | 30,9 | 30,8 | 31,2 | 32,1 | 32 | 31,8 | 32,2 | 32,2 | 32,8 | 31,6 |
| 51 | 34 | 32,4 | 33,5 | 32,1 | 32,8 | 31,7 | 32,1 | 32,6 | 34,1 | 33,4 | 33,3 | 34,1 | 33,3 |
| 52 | 34,4 | 34,3 | 32,7 | 32,7 | 34,9 | 33,8 | 33,3 | 35,1 | 34,2 | 33 | 35 | 35,5 | 34,2 |
| 53 | 34 | 34,3 | 35,5 | 35,3 | 33,7 | 33,7 | 36,4 | 36 | 35,5 | 34,3 | 36,5 | 35,5 | 33,8 |
| 54 | 34,8 | 34,9 | 36,7 | 37,3 | 36,7 | 35,6 | 35,6 | 37,3 | 35,7 | 35,6 | 36,2 | 36,1 | 34,7 |
| 55 | 38,3 | 38,5 | 38,6 | 36,5 | 37,2 | 37,9 | 37,8 | 37,1 | 36 | 37,6 | 38,1 | 38,2 | 38,2 |
| 56 | 37 | 38,6 | 38,1 | 38,4 | 37,8 | 39,5 | 39,7 | 38 | 38,3 | 38,7 | 39,6 | 39,5 | 38,6 |
| 57 | 37,7 | 39 | 38,9 | 39,8 | 40 | 38,1 | 40,8 | 39,4 | 38,1 | 38,1 | 40,5 | 39,5 | 39,2 |
| 58 | 41,3 | 40,9 | 41,6 | 41,1 | 38,6 | 39 | 39,2 | 41,9 | 41,8 | 38,7 | 39,6 | 40,8 | 41,6 |
| 59 | 42,7 | 40,3 | 42 | 40,4 | 41,8 | 39,6 | 41,6 | 40,4 | 42,9 | 41,1 | 42,5 | 42 | 41,4 |
| 60 | 41,2 | 42,5 | 41,2 | 43,2 | 41,4 | 41,4 | 44 | 43,6 | 40,9 | 43,1 | 42,6 | 43,2 | 42,3 |
| 61 | 11,9 | 11,9 | 11,6 | 11,4 | 12,1 | 12,1 | 12,2 | 12,4 | 11,8 | 12,3 | 11,8 | 11,9 | 12,4 |
| 62 | 13,3 | 12,8 | 13 | 13 | 12,9 | 12,7 | 12,9 | 12,6 | 12,8 | 13,4 | 12,6 | 13,2 | 13 |
| 63 | 13,8 | 14,4 | 13,7 | 14,2 | 13,6 | 14,6 | 14,4 | 13,6 | 14 | 14,1 | 14,4 | 13,8 | 13,7 |
| 64 | 15,1 | 14,4 | 15,2 | 15,1 | 14,6 | 15,1 | 14,5 | 14,8 | 15,2 | 15,3 | 15,1 | 14,8 | 15,4 |
| 65 | 15,8 | 16,4 | 16,7 | 15,6 | 15,8 | 16 | 15,5 | 16,1 | 16 | 15,8 | 16,7 | 16,5 | 16,1 |
| 66 | 17,7 | 17,7 | 17,5 | 16,6 | 17,7 | 17,5 | 16,8 | 17,2 | 17,5 | 17,7 | 16,8 | 16,9 | 17 |
| 67 | 17,5 | 17,5 | 17,8 | 18,8 | 18,7 | 17,7 | 18,4 | 18,4 | 18,4 | 17,8 | 18,7 | 17,8 | 18,4 |
| 68 | 19,1 | 18,4 | 19,5 | 19,2 | 18,7 | 18,7 | 20 | 19,8 | 19,4 | 19,8 | 19,4 | 20 | 19,9 |
| 69 | 19,6 | 19,6 | 21,1 | 20,2 | 20,7 | 19,7 | 21 | 21 | 19,8 | 20 | 21,1 | 20,2 | 20,7 |
| 70 | 21,8 | 21 | 21,2 | 21,8 | 21,1 | 21,4 | 21,8 | 22,2 | 21,7 | 22,1 | 21 | 22,2 | 21,9 |
| 71 | 21,6 | 21,8 | 23,2 | 22,9 | 22,7 | 22,1 | 22,4 | 22,4 | 21,9 | 23 | 21,9 | 22,3 | 23,3 |
| 72 | 23 | 22,7 | 23 | 23,3 | 22,6 | 23,5 | 23,7 | 22,8 | 23,5 | 23,1 | 23,4 | 23,8 | 23,1 |
| 73 | 24 | 24,2 | 25,2 | 24,1 | 24,3 | 23,8 | 25,6 | 24,4 | 24,9 | 24,8 | 24 | 25,4 | 25,3 |
| 74 | 24,8 | 26,2 | 26 | 26,5 | 25,2 | 25,2 | 25,2 | 25,3 | 25,2 | 26,2 | 24,7 | 26,6 | 25,2 |
| 75 | 27,3 | 26,9 | 27,7 | 26,2 | 26,7 | 25,8 | 27,4 | 26 | 26,8 | 26,4 | 26,1 | 25,6 | 26,7 |
| 76 | 26,8 | 26,6 | 26,8 | 26,5 | 28,6 | 28,1 | 27,2 | 28,9 | 26,9 | 27,9 | 27,8 | 27,5 | 26,8 |
| 77 | 29,1 | 29,5 | 27,7 | 29,9 | 28,4 | 27,9 | 29 | 28,4 | 28,7 | 29,7 | 28,9 | 29,6 | 30 |
| 78 | 30,8 | 30,3 | 30,6 | 29,8 | 30,8 | 29 | 30,8 | 28,7 | 28,8 | 29,2 | 30,2 | 29,6 | 30,1 |
| 79 | 31,3 | 31,2 | 29,8 | 30,2 | 31 | 30,7 | 29,8 | 30,6 | 30,9 | 31,4 | 31,5 | 32,1 | 32,2 |
| 80 | 30,9 | 32,9 | 33,1 | 31,2 | 32,3 | 32,8 | 33,1 | 32,8 | 31,1 | 33,2 | 30,9 | 33 | 30,6 |
| 81 | 32,6 | 33,5 | 31,8 | 32,9 | 32,9 | 33,8 | 32,5 | 31,8 | 32,2 | 31,9 | 33,5 | 34,2 | 33 |
| 82 | 33,3 | 33 | 34,8 | 33,6 | 33,1 | 34,5 | 34,3 | 34,5 | 33,7 | 35,1 | 34,2 | 34 | 32,9 |
| 83 | 35,2 | 36,2 | 35,6 | 36 | 34,3 | 35,9 | 34,6 | 35,4 | 34,1 | 35,4 | 33,8 | 36,2 | 33,7 |
| 84 | 36,3 | 34,9 | 37,5 | 35,6 | 36,6 | 35,4 | 36,4 | 36,9 | 35,9 | 36,6 | 37,4 | 36,6 | 36 |
| 85 | 37,6 | 37,9 | 36 | 36,9 | 37,8 | 36,6 | 36 | 37,8 | 35,7 | 38 | 35,9 | 38,6 | 36,8 |
| 86 | 37 | 37,8 | 39,3 | 38,2 | 38,2 | 37,7 | 37,6 | 38,6 | 38,4 | 38 | 37,5 | 37 | 38,9 |
| 87 | 39,7 | 38,8 | 39,8 | 39,6 | 40,4 | 37,6 | 40,2 | 37,7 | 38,7 | 37,9 | 40,3 | 39,4 | 39,8 |
| 88 | 40,9 | 39,3 | 39,9 | 38,6 | 40,6 | 40,3 | 40,7 | 41,9 | 41,7 | 40,9 | 41,6 | 38,9 | 39,8 |
| 89 | 40,2 | 40 | 41,7 | 42,6 | 42,5 | 42,1 | 41,8 | 41 | 40,2 | 42,9 | 39,8 | 40,6 | 42 |
| 90 | 41,6 | 41,3 | 42,1 | 42,7 | 40,5 | 42,8 | 42,7 | 41,2 | 42,7 | 44,1 | 44,1 | 41,4 | 41,6 |

Приложение Б

Таблица Б1 – Исходные данные для РГЗ 3, 4

| В-нты | Время, мин | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 |
| 01 | -0,1 | -0,6 | 2,1 | 0,5 | 17,7 | 41,7 | 55,6 | 88,7 | 84,3 | 91,3 | 89,9 | 93,7 |
| 02 | 0 | -1,8 | -1,1 | 9,9 | 19,8 | 47,9 | 76,5 | 89,8 | 102,6 | 101,9 | 103,7 | 108,5 |
| 03 | -0,4 | -1,3 | 0,3 | 10,9 | 32,4 | 54,4 | 85,3 | 96,6 | 84,4 | 102,3 | 105,4 | 112,4 |
| 04 | -0,4 | -1,9 | 0,6 | 8,9 | 82,2 | 71,8 | 99,5 | 103,1 | 124 | 123,8 | 120,6 | 130,5 |
| 05 | 0,4 | 2 | 0,5 | 19,5 | 57,5 | 65,8 | 79,1 | 106,4 | 119,5 | 121,4 | 131 | 130,7 |
| 06 | 0,3 | 2 | 3,2 | 22,6 | 63,9 | 99,2 | 94,4 | 126 | 137,3 | 133,5 | 145,3 | 144,7 |
| 07 | 0,3 | -0,9 | 0,9 | 15,9 | 76 | 58,1 | 86,4 | 133 | 137,6 | 137,7 | 147,8 | 155,2 |
| 08 | 0,8 | 1,3 | 6,6 | 3,3 | 74,7 | 80,8 | 121,7 | 125,9 | 145,1 | 160,6 | 162,3 | 161,7 |
| 09 | 0,3 | 0,8 | 0,8 | 0,4 | 38,4 | 91,1 | 117,5 | 104,3 | 115,3 | 149,7 | 163,6 | 166,3 |
| 10 | 0,5 | 1,9 | 5,3 | 0,6 | 79,5 | 108,6 | 151,4 | 161 | 160,8 | 184,9 | 173,8 | 179,6 |
| 11 | 0,8 | 0,8 | 2,8 | 13,2 | 10,8 | 40,4 | 134,7 | 109,1 | 134,8 | 163,9 | 181,4 | 173,2 |
| 12 | -1 | 0,8 | 4,8 | 4,8 | 49,6 | 99,4 | 85,1 | 148,8 | 152,6 | 176 | 169,4 | 197,4 |
| 13 | -0,5 | -2,3 | -1,1 | 5,3 | 31,4 | 83,9 | 150 | 156,6 | 191,8 | 203,4 | 212,3 | 216,3 |
| 14 | 0,1 | 0,3 | -1,7 | 20,1 | 102,5 | 126 | 115,8 | 158 | 173 | 203 | 206,7 | 216,5 |
| 15 | 1 | -0,7 | 0,8 | 29,5 | 91,2 | 185,6 | 218,6 | 204,6 | 216,7 | 237,2 | 233,4 | 233,8 |
| 16 | 0,7 | 4,7 | 5,4 | 16,5 | 103,7 | 89,1 | 176,4 | 222,3 | 222,1 | 216,3 | 235,4 | 246,4 |
| 17 | 0,5 | 1,8 | 2,6 | 2,2 | 94,3 | 142,1 | 164,6 | 156,1 | 208,1 | 208,2 | 239,5 | 231,1 |
| 18 | -0,1 | -1,8 | -2 | 8,6 | 57,3 | 138,2 | 180 | 216,6 | 183,8 | 242,2 | 243 | 244,8 |
| 19 | 0,5 | 3,5 | 6,4 | 2,6 | 46,7 | 99,5 | 103,9 | 183,9 | 221,5 | 211,5 | 223,3 | 256,7 |
| 20 | 0,5 | 3,7 | 7,5 | 28,6 | 72 | 118,9 | 192,6 | 231,8 | 235,9 | 260,9 | 264,3 | 279,6 |
| 21 | -0,6 | -2,7 | -1,8 | 5,9 | 64,8 | 126,9 | 152,7 | 204,7 | 223,5 | 258,6 | 268,1 | 276,2 |
| 22 | -1,4 | -5,9 | 2,1 | 7 | 11,9 | 91,2 | 135,8 | 228,8 | 221,7 | 241,8 | 259,8 | 285,7 |
| 23 | -0,7 | 4,5 | 7,8 | 5,1 | 92,6 | 67,9 | 211,7 | 198,3 | 213,7 | 274,5 | 261,1 | 292,9 |
| 24 | -1 | 4 | -2 | 8,4 | 18,5 | 97,5 | 188,2 | 198 | 285,7 | 259,8 | 302,5 | 312 |
| 25 | 0,4 | 2,9 | 0,6 | 48 | 156,8 | 156,1 | 213,2 | 289,9 | 309 | 311,6 | 328,1 | 317,5 |
| 26 | -0,2 | -3,3 | 3,9 | 39,4 | 56,2 | 124,1 | 270,2 | 246,1 | 288,5 | 326,3 | 314,8 | 329,2 |
| 27 | -0,2 | -1,1 | 0 | 13,8 | 168,9 | 219,9 | 210,2 | 268,3 | 296,1 | 333,3 | 336,1 | 338,1 |
| 28 | 1,5 | 7,2 | 2,3 | 16,9 | 93,8 | 135,5 | 151 | 258,9 | 246,6 | 274,3 | 330,5 | 313,1 |
| 29 | -0,2 | -0,3 | 16,3 | 11 | 146,2 | 227,2 | 195,6 | 260,2 | 278,4 | 307,8 | 354,5 | 354,3 |
| 30 | -0,9 | -0,5 | 0,8 | 48,2 | 47,3 | 248,1 | 266,7 | 336,1 | 353 | 373 | 372,8 | 384 |
| 31 | -0,5 | 0,5 | 2,1 | 8,4 | 44,5 | 27,5 | 65 | 74 | 89,3 | 91,1 | 84,4 | 94 |
| 32 | 0,3 | -0,7 | 1,8 | 3,9 | 28,6 | 18,9 | 43 | 76,8 | 82,9 | 88,3 | 84,9 | 93,5 |
| 33 | 0,4 | -1,9 | -1,6 | 21,8 | 36,1 | 59,4 | 84,9 | 90,6 | 106,2 | 111 | 110,9 | 120,4 |
| 34 | -0,5 | -2 | -0,7 | 11,9 | 18,5 | 49,7 | 93,2 | 76,6 | 92,7 | 101,9 | 118,4 | 123,8 |
| 35 | 0,2 | -1,4 | 1,9 | 10 | 54,8 | 39,3 | 96 | 99,5 | 126,2 | 126,7 | 127,6 | 136 |
| 36 | 0,5 | 0,2 | 6,3 | 16,9 | 57,1 | 38,9 | 87,4 | 108,3 | 131,5 | 130,7 | 132 | 139,8 |
| 37 | -0,5 | 1 | 1,2 | 19,5 | 25,6 | 103,4 | 91,9 | 112,8 | 125,2 | 150,3 | 146 | 151,5 |
| 38 | 0 | -2,7 | 0,8 | 8 | 22,8 | 110,8 | 130 | 114 | 129,2 | 156,7 | 157,3 | 159,8 |
| 39 | -0,6 | -0,4 | 0,2 | 14,9 | 47,1 | 98,6 | 117,6 | 122,6 | 145,4 | 138,7 | 150,6 | 163,8 |
| 40 | 0,3 | 0,9 | -1,5 | 33,3 | 37,2 | 105,8 | 148,1 | 146,3 | 173,3 | 172,4 | 184,9 | 178,9 |
| 41 | 0,5 | -0,5 | 0 | 20 | 113,2 | 104,5 | 167,1 | 162 | 186,6 | 177,2 | 185,3 | 196,8 |
| 42 | 0,3 | 2,1 | 2,3 | 3,4 | 81 | 119,8 | 142,8 | 155,5 | 198,9 | 193,1 | 193,6 | 197,9 |
| 43 | 0,5 | 3,9 | -1,5 | 14,5 | 39,6 | 116,1 | 143,7 | 122,2 | 150,1 | 175,3 | 197,5 | 205,5 |
| 44 | 0,7 | -0,2 | 5,3 | 24,8 | 121,9 | 88,9 | 126,9 | 179,4 | 212,1 | 205,7 | 219,6 | 221,9 |
| 45 | -0,6 | -1,4 | 1,5 | 48,4 | 41,2 | 175,1 | 160,6 | 209,1 | 205,6 | 220,5 | 227,1 | 238,9 |

Продолжение таблицы Б1

| В-нты | Время, мин | | | | | | | | | | |
|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 |
| 01 | 98,2 | 98,2 | 100,9 | 101,1 | 97,2 | 97,9 | 98,7 | 101,9 | 99,6 | 100,2 | 100,9 |
| 02 | 105,4 | 110,1 | 107,1 | 111,1 | 110,6 | 111,1 | 109,3 | 110,5 | 110,3 | 110,8 | 110,1 |
| 03 | 107,7 | 111,9 | 116,9 | 117,6 | 115,1 | 119,3 | 119,9 | 119,1 | 121,1 | 118,2 | 121,7 |
| 04 | 126,4 | 130,7 | 131,2 | 128,9 | 130,7 | 129,1 | 131,1 | 131 | 128,8 | 128,5 | 129,9 |
| 05 | 130,7 | 137 | 136,6 | 137,2 | 138,4 | 140,8 | 137,6 | 140,5 | 141,5 | 140,6 | 137,8 |
| 06 | 146,3 | 149,1 | 150,7 | 148,9 | 151,4 | 148,4 | 148,8 | 150,1 | 148,1 | 149,1 | 149,8 |
| 07 | 158,8 | 156,3 | 155,9 | 158,7 | 156,5 | 159 | 159,6 | 158,1 | 158,8 | 160,7 | 160,6 |
| 08 | 162,1 | 164,5 | 166,1 | 171,3 | 170,4 | 171 | 171,8 | 171 | 170 | 171,3 | 169,4 |
| 09 | 159,7 | 164,4 | 168,3 | 175,4 | 176,7 | 177,2 | 176,5 | 175,7 | 179,5 | 177,5 | 180,4 |
| 10 | 185,2 | 188 | 186,2 | 188,8 | 189,8 | 190,6 | 191,6 | 189,5 | 191,4 | 190,5 | 191,2 |
| 11 | 182,7 | 184,6 | 195,4 | 193,9 | 193,5 | 196 | 198,1 | 197,1 | 196,7 | 198,2 | 201,2 |
| 12 | 193,8 | 196,8 | 199,3 | 202,3 | 202,4 | 204,1 | 205,7 | 206,1 | 208,9 | 209,4 | 208,2 |
| 13 | 219,4 | 217,4 | 216,4 | 219,7 | 218,3 | 217,8 | 217,7 | 218,7 | 219,2 | 218,4 | 220,1 |
| 14 | 226,1 | 224,6 | 222,5 | 224 | 227,8 | 227,6 | 227,2 | 227,2 | 229,1 | 229,5 | 229,7 |
| 15 | 235,9 | 237 | 237,8 | 237,8 | 241,7 | 240 | 239,1 | 238,4 | 238,1 | 240,8 | 238,5 |
| 16 | 246,2 | 243,3 | 247,3 | 248,2 | 250,4 | 249,2 | 248,8 | 249,5 | 251,2 | 251,6 | 249,4 |
| 17 | 240,8 | 252 | 255,8 | 253,7 | 256,2 | 256,9 | 258,7 | 258,9 | 259,9 | 258,3 | 259,7 |
| 18 | 251,2 | 259,4 | 258,6 | 260 | 264,3 | 269,5 | 265,7 | 267,5 | 269,6 | 270,2 | 270,4 |
| 19 | 263,9 | 265,1 | 264,7 | 266,1 | 274,8 | 277,5 | 275,7 | 273,6 | 276,2 | 279,6 | 280,7 |
| 20 | 278,3 | 287,3 | 285 | 287,6 | 287,8 | 289,3 | 289,4 | 291,7 | 291,8 | 290,5 | 288,4 |
| 21 | 288,9 | 290,3 | 294,7 | 297 | 294,8 | 294,9 | 296,4 | 298,8 | 297,1 | 300,6 | 301 |
| 22 | 283,1 | 293,6 | 294,8 | 304,2 | 303,5 | 305,7 | 307,8 | 307,3 | 306,6 | 309 | 309,7 |
| 23 | 291,9 | 293,2 | 303,7 | 313,9 | 316,4 | 311,5 | 317,9 | 316,5 | 317,6 | 316,3 | 316,6 |
| 24 | 319,1 | 320,4 | 325,2 | 325,1 | 321,6 | 329,1 | 326,8 | 329,7 | 327,2 | 330,4 | 329,6 |
| 25 | 334 | 334,4 | 335,6 | 340 | 338,9 | 335,8 | 339,3 | 340,3 | 338,7 | 340,4 | 341,5 |
| 26 | 338,9 | 337,6 | 338,8 | 344,3 | 345,6 | 345 | 346,2 | 347,9 | 350,8 | 350,7 | 350,2 |
| 27 | 342,4 | 355,9 | 359 | 353,6 | 355,4 | 360,8 | 360 | 361,5 | 359,8 | 361,2 | 357,7 |
| 28 | 337,4 | 349,9 | 358,6 | 352,6 | 354,8 | 363,9 | 368,2 | 365,5 | 366,4 | 369,4 | 369,8 |
| 29 | 366,9 | 366,5 | 373 | 374,1 | 378,7 | 373,9 | 377,2 | 379 | 380,4 | 379,6 | 378,4 |
| 30 | 385,7 | 383,4 | 385,6 | 385 | 388,4 | 390,2 | 390,2 | 388,5 | 389,8 | 388,8 | 390,7 |
| 31 | 94,2 | 94 | 95,7 | 100,5 | 96,4 | 99,4 | 100,1 | 101,3 | 98,5 | 100 | 99,9 |
| 32 | 96,7 | 102,5 | 104,3 | 109,2 | 104,7 | 107,8 | 110,5 | 106,4 | 107,6 | 108,2 | 108 |
| 33 | 120,1 | 117,1 | 120,4 | 120,7 | 121,6 | 118,9 | 118,4 | 118,6 | 119,5 | 118,6 | 119,1 |
| 34 | 120,2 | 128,1 | 124,2 | 125,3 | 129,8 | 129,1 | 128,3 | 130 | 128,4 | 129,9 | 129,8 |
| 35 | 137,6 | 134,8 | 140,2 | 136,3 | 140,8 | 138,4 | 141,2 | 140,3 | 140,7 | 139,7 | 140,4 |
| 36 | 146 | 146,7 | 144,2 | 148,3 | 149,6 | 150,4 | 149,9 | 151,5 | 149 | 148,8 | 151,6 |
| 37 | 153 | 153,3 | 156,1 | 160,5 | 158,9 | 159,1 | 161,4 | 161,4 | 161,6 | 158,6 | 158,1 |
| 38 | 161,7 | 161,8 | 164,7 | 166,9 | 169,2 | 167,2 | 169,7 | 171,2 | 170,3 | 168,4 | 171 |
| 39 | 174 | 168,8 | 173,7 | 171,7 | 173,3 | 179,6 | 180,5 | 177 | 178,5 | 177,6 | 181,2 |
| 40 | 188,9 | 189 | 186,9 | 187,1 | 187,4 | 191,6 | 188,1 | 188,5 | 191,2 | 188,9 | 190 |
| 41 | 196,7 | 200,2 | 197 | 200 | 199,2 | 199,2 | 198,3 | 198 | 201,7 | 201,2 | 199,3 |
| 42 | 203,7 | 206,1 | 209,3 | 209,2 | 207,9 | 211,4 | 208,1 | 207,9 | 207,9 | 209,1 | 211,8 |
| 43 | 211,8 | 214,2 | 211,1 | 212,4 | 218,4 | 213,5 | 218,4 | 216,9 | 218 | 219,8 | 220 |
| 44 | 227 | 228,1 | 229,1 | 227,1 | 229,1 | 227,8 | 230 | 228,2 | 229,2 | 231,3 | 229,7 |
| 45 | 233,9 | 237,2 | 237,5 | 237,9 | 239,6 | 240,8 | 238,7 | 237,9 | 239,9 | 239,1 | 239,8 |

Таблица Б2 – исходные данные для РГЗ 3, 4

| В-нты | Время, мин | | | | | | | | | | | |
|-------|------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 |
| 46 | -0,5 | 0,6 | 5,4 | 15,5 | 51,2 | 82,2 | 110,8 | 160 | 206 | 199,9 | 208,1 | 218,9 |
| 47 | -1,1 | -0,5 | 1,6 | 8,6 | 47,5 | 82,2 | 169,3 | 215,8 | 195,1 | 218,7 | 245,2 | 243,7 |
| 48 | -0,5 | -1,8 | 2,9 | 13,5 | 50,7 | 143,4 | 169 | 205,9 | 229,5 | 262,3 | 263,4 | 258,8 |
| 49 | -1,4 | -3,1 | 1,2 | 24,5 | 51 | 115 | 142,9 | 228 | 212,5 | 230,2 | 252,1 | 254,2 |
| 50 | 1,3 | 3 | 1,1 | 16,9 | 86,1 | 55,7 | 128,2 | 181,9 | 216,7 | 223,6 | 259,8 | 255,2 |
| 51 | -0,7 | 4,9 | 4,1 | 10,2 | 53 | 56,5 | 145,4 | 204,3 | 208,4 | 234,6 | 249,2 | 278,1 |
| 52 | -0,9 | -6 | 2,7 | 25,2 | 137,1 | 107,5 | 179,4 | 231,3 | 238,5 | 280 | 284,2 | 288,9 |
| 53 | 0 | 3,9 | 1,6 | 26,5 | 47,8 | 91,1 | 136,2 | 241 | 218,5 | 280,5 | 268,7 | 287,1 |
| 54 | 1,3 | -3,6 | 4,5 | 14 | 73,9 | 162,7 | 237,9 | 224,1 | 261,2 | 291,6 | 287 | 312,3 |
| 55 | 1,3 | 2,8 | 1,1 | 50,7 | 122 | 201,4 | 264,9 | 228 | 272,7 | 308,4 | 322,5 | 318,2 |
| 56 | 1,1 | 1 | 1,9 | 15 | 96,8 | 97,5 | 135,6 | 223 | 252,5 | 285,7 | 293,2 | 309,3 |
| 57 | 0,3 | 3,7 | 3,4 | 5,6 | 97,2 | 228,6 | 210,3 | 279 | 331,6 | 325,2 | 334,3 | 351,8 |
| 58 | -0,8 | 6,9 | -1,4 | 32,1 | 27,3 | 138,3 | 154,3 | 217,7 | 255,2 | 283,2 | 324,3 | 351 |
| 59 | -0,6 | -3,9 | -0,6 | 10,3 | 38,2 | 169,3 | 203,3 | 226,1 | 301,5 | 316,7 | 319,5 | 352,7 |
| 60 | 0,7 | -2,3 | 6,4 | 29,3 | 51,4 | 234,7 | 296,3 | 339 | 349,2 | 360,8 | 348,5 | 365,5 |
| 61 | 0,3 | 1 | 0,1 | 10,4 | 43,5 | 50,7 | 54,9 | 71,1 | 85,5 | 91,8 | 95,8 | 92,6 |
| 62 | -0,1 | 0,6 | -0,2 | 3,6 | 31,2 | 42 | 67 | 80,2 | 86,7 | 80,7 | 94,6 | 102 |
| 63 | -0,6 | 0,5 | 0,2 | 0,9 | 46 | 36,8 | 53,9 | 92,3 | 92,6 | 104,9 | 98,6 | 104,5 |
| 64 | 0,6 | -2,5 | 1,7 | 7,8 | 42,8 | 55,3 | 70,2 | 90,2 | 80,6 | 100 | 114 | 111 |
| 65 | 0,4 | 1 | 2,2 | 2 | 34,3 | 54,6 | 92,6 | 89,7 | 103,6 | 109 | 110,7 | 129,6 |
| 66 | 0,1 | -1,1 | 1,4 | 5,2 | 21,7 | 92 | 82,7 | 119,2 | 114 | 125,5 | 144,6 | 146,6 |
| 67 | 0,2 | 1,3 | -0,7 | 37,6 | 103,3 | 122,4 | 118,2 | 151 | 155,5 | 144,7 | 155,9 | 153,4 |
| 68 | 0,6 | -1,6 | 3,5 | 14,1 | 57,4 | 78 | 71,7 | 108,1 | 116,2 | 142,7 | 150,7 | 158,8 |
| 69 | -0,4 | -1 | 3,9 | 3,8 | 26,2 | 34,8 | 76,3 | 99 | 123,8 | 146,4 | 142,6 | 155,7 |
| 70 | 0,6 | -1,6 | 3,2 | 5,9 | 79,6 | 70,8 | 155,9 | 146,2 | 153,2 | 158,6 | 175,9 | 181,3 |
| 71 | 0,9 | 0,6 | -1,9 | 17,2 | 12,3 | 97,9 | 86 | 139,7 | 172 | 176,1 | 170 | 192,2 |
| 72 | -0,4 | -3,1 | 0,5 | 9,8 | 70,2 | 134,7 | 124,8 | 137,8 | 184,1 | 187,6 | 188,1 | 203,4 |
| 73 | -0,9 | 0,8 | -1,7 | 5,9 | 54,6 | 93,5 | 149,3 | 208,7 | 197,2 | 202,5 | 208,9 | 214,9 |
| 74 | 0,2 | 4,2 | 4,6 | 1,8 | 46,1 | 127,6 | 135,1 | 144,1 | 191,6 | 195,4 | 204,6 | 213,4 |
| 75 | -0,9 | -2,1 | 3,5 | 0,9 | 44 | 82,8 | 127,9 | 176,9 | 190,6 | 181,9 | 205,7 | 223,9 |
| 76 | 1,1 | -5 | -0,4 | 5,2 | 94,4 | 134,1 | 136,2 | 199,7 | 194,9 | 213,9 | 227,7 | 232,9 |
| 77 | 0,1 | -1,3 | 2,4 | 7,1 | 137,7 | 181,4 | 141,1 | 209,1 | 216,9 | 242,5 | 242 | 252,6 |
| 78 | -0,5 | -4,9 | 5,5 | 41 | 127,3 | 112,4 | 164 | 193,1 | 238,5 | 236,7 | 255,7 | 266,1 |
| 79 | -0,2 | -4 | 4,5 | 36,9 | 134 | 98 | 205,2 | 203,5 | 233,2 | 245,7 | 260 | 261,4 |
| 80 | 0,7 | 4,2 | -0,8 | 18,8 | 28,8 | 124,3 | 140,6 | 148,5 | 180,2 | 248,1 | 259,8 | 243,3 |
| 81 | 1,1 | -5,4 | 2,9 | 25,9 | 116,3 | 151 | 195,1 | 229,6 | 246,5 | 236,7 | 270,6 | 277,8 |
| 82 | 0,8 | 1,7 | 0,9 | 7 | 26,7 | 193 | 225,5 | 201,6 | 270,1 | 279,8 | 271,6 | 288,2 |
| 83 | -0,7 | 4,2 | 3 | 19,7 | 105,4 | 145,4 | 124,5 | 205,5 | 228,9 | 268,8 | 251,9 | 274 |
| 84 | 0,9 | -0,9 | 2,1 | 61,8 | 33,6 | 204,2 | 284,2 | 236,4 | 299,5 | 319 | 310,8 | 320,6 |
| 85 | -1,2 | -6,3 | 3,6 | 29,8 | 106,1 | 231,4 | 220,9 | 276,8 | 306,3 | 294,8 | 318 | 322 |
| 86 | 0,3 | -5,6 | -0,5 | 13,5 | 51,2 | 111,6 | 219,2 | 225,8 | 262,5 | 312,6 | 310,6 | 325,7 |
| 87 | -0,8 | -7 | 1,1 | 17 | 136,6 | 166,6 | 235,8 | 254,7 | 303,6 | 316,6 | 333,4 | 327,6 |
| 88 | 0,4 | 6,4 | 9,5 | 5,5 | 130,8 | 119,6 | 277,3 | 315,4 | 294,9 | 322,5 | 351 | 346,5 |
| 89 | 1,3 | -3,2 | -1,1 | 22,3 | 82,7 | 113,1 | 260 | 253,9 | 306,6 | 335,3 | 347,3 | 346,8 |
| 90 | -1,7 | 0,5 | 3,5 | 9,9 | 132,2 | 226,8 | 293,6 | 286,6 | 343 | 323 | 339 | 367,7 |

Продолжение таблицы Б2

| В-нты | Время, мин | | | | | | | | | | |
|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 |
| 46 | 235,6 | 236,1 | 242 | 247,6 | 247,6 | 249,1 | 246,9 | 248,8 | 248,7 | 251,1 | 250,6 |
| 47 | 249,4 | 249,7 | 249,3 | 257,7 | 255 | 259,6 | 258,3 | 257 | 257,5 | 261,2 | 260,1 |
| 48 | 265,1 | 269,3 | 269 | 267,7 | 268,4 | 271,6 | 270 | 270,9 | 269,1 | 270,1 | 270,2 |
| 49 | 271,2 | 272,2 | 278,2 | 277,6 | 279,2 | 275,8 | 276,4 | 280,8 | 277,1 | 280,6 | 279,3 |
| 50 | 268,7 | 266 | 277,8 | 279,2 | 280,8 | 283,1 | 288,4 | 287,5 | 286,6 | 288,6 | 289,3 |
| 51 | 277,1 | 285,9 | 283,7 | 288,5 | 291,6 | 292,8 | 295,5 | 298,3 | 300,3 | 296 | 299 |
| 52 | 294,5 | 307,1 | 307,6 | 304,8 | 310 | 307,8 | 308 | 308,8 | 311,6 | 310,7 | 307,9 |
| 53 | 300 | 310,9 | 304 | 307,1 | 312,3 | 314,6 | 317,1 | 317,8 | 318,6 | 317,7 | 317,3 |
| 54 | 303,5 | 319,4 | 326,1 | 323,2 | 325,5 | 326,4 | 325 | 329,7 | 328,6 | 330,4 | 331,4 |
| 55 | 336,2 | 335,9 | 334,8 | 334,8 | 339,7 | 340,2 | 337,1 | 341,6 | 338,6 | 338,8 | 339,1 |
| 56 | 307,6 | 330,7 | 328,8 | 329,9 | 338 | 343,5 | 344,3 | 344,5 | 346,6 | 348,4 | 347 |
| 57 | 347,6 | 350,2 | 358,4 | 358 | 361,1 | 357,1 | 358,1 | 357,3 | 360 | 360,2 | 361 |
| 58 | 347,2 | 360,5 | 357,1 | 362,9 | 360,9 | 365,1 | 365,5 | 366,2 | 367,2 | 367,2 | 371 |
| 59 | 353,7 | 370,8 | 372,3 | 366,7 | 376,2 | 378,1 | 378,3 | 378,6 | 378,6 | 376,6 | 378,3 |
| 60 | 378,2 | 379,7 | 387,9 | 389,5 | 385,4 | 390,7 | 389,2 | 387,5 | 387,7 | 389,8 | 388,7 |
| 61 | 99,5 | 98,4 | 96,9 | 100,8 | 101,3 | 99,2 | 101,8 | 101,4 | 98,9 | 102 | 98,4 |
| 62 | 104,6 | 106 | 101,1 | 106,4 | 108,3 | 106,4 | 108,8 | 106,5 | 108,8 | 107,2 | 110,7 |
| 63 | 114,5 | 117,6 | 115,6 | 113,4 | 118,7 | 116,8 | 118,2 | 120,8 | 121,5 | 118,6 | 119,3 |
| 64 | 116 | 119,6 | 119,9 | 127,3 | 129,5 | 128,3 | 128,3 | 128,2 | 127,5 | 128,4 | 129,4 |
| 65 | 133,3 | 132,8 | 132,6 | 138,2 | 133,9 | 134,9 | 138,8 | 138 | 136,4 | 141 | 140,6 |
| 66 | 148 | 143,5 | 146,2 | 148,8 | 150 | 147,4 | 149,5 | 149 | 147,6 | 148,6 | 150,1 |
| 67 | 155,5 | 160,6 | 156,8 | 159 | 161,5 | 159,2 | 158,8 | 160,4 | 159,9 | 159,9 | 159,5 |
| 68 | 153,8 | 160,8 | 160,8 | 166,7 | 166,6 | 167,6 | 165,8 | 166,6 | 169,9 | 170 | 171 |
| 69 | 167,4 | 162,5 | 172,9 | 170,8 | 171,7 | 174,8 | 179,7 | 180,2 | 178,8 | 179,5 | 179,9 |
| 70 | 185,5 | 187 | 188,9 | 189 | 188,4 | 188,9 | 189,1 | 187,8 | 191 | 191,6 | 188,4 |
| 71 | 187,3 | 189,5 | 191,2 | 192,7 | 195,6 | 199,9 | 197 | 201,2 | 200,3 | 201,5 | 201 |
| 72 | 204,7 | 207,8 | 206,1 | 205,2 | 207,8 | 207,8 | 208 | 211,4 | 208,1 | 208,3 | 208,4 |
| 73 | 216,1 | 220,4 | 220,2 | 217,4 | 219,1 | 221,3 | 220,5 | 217,9 | 218,1 | 219,3 | 221 |
| 74 | 210,8 | 220,8 | 218 | 223,6 | 227,5 | 227,5 | 227,9 | 230,7 | 226,9 | 229,8 | 231,5 |
| 75 | 217,4 | 235 | 236,3 | 230,1 | 237,8 | 237,5 | 239,4 | 236,7 | 238,1 | 238,5 | 238,5 |
| 76 | 238 | 241,8 | 247,8 | 247,6 | 250,8 | 249,1 | 247,3 | 251,3 | 251,5 | 247,9 | 248,2 |
| 77 | 249,8 | 252,5 | 260 | 256,3 | 257,2 | 259,6 | 259,3 | 260,8 | 260,2 | 260,6 | 261,7 |
| 78 | 258,6 | 265,6 | 270,4 | 269,5 | 270 | 269,7 | 270,6 | 269,1 | 268,5 | 269,3 | 270,8 |
| 79 | 267,9 | 270,3 | 276,7 | 277,5 | 275,5 | 277,8 | 276,3 | 277,9 | 281,2 | 280,9 | 278,4 |
| 80 | 264,9 | 269,2 | 272,6 | 281,9 | 285,1 | 287,6 | 288,1 | 287,3 | 284,8 | 290,2 | 289,2 |
| 81 | 276,5 | 287,6 | 293,2 | 294,4 | 294,9 | 296,8 | 299,8 | 296,4 | 300,2 | 300 | 300 |
| 82 | 294,1 | 306,7 | 304,6 | 302,5 | 305 | 305,4 | 310,5 | 310,1 | 309,4 | 307,6 | 308,4 |
| 83 | 291,7 | 304,4 | 296,7 | 312,6 | 313,1 | 310,3 | 317,2 | 315,4 | 319,8 | 315,1 | 318,4 |
| 84 | 318,4 | 327,3 | 326,2 | 326,5 | 328,9 | 330 | 327,5 | 329,6 | 330,3 | 330,3 | 331,2 |
| 85 | 329,2 | 328,3 | 333,6 | 339,5 | 334,3 | 339,2 | 338,2 | 341,4 | 339,8 | 337,8 | 340,1 |
| 86 | 330,7 | 327,8 | 335,9 | 340,2 | 342,6 | 344,2 | 346,7 | 349,1 | 350,7 | 350,9 | 347,1 |
| 87 | 350,2 | 351,9 | 355,8 | 351,4 | 354,1 | 358,8 | 360 | 357,5 | 360,6 | 360,5 | 358,5 |
| 88 | 360,8 | 363,5 | 363,8 | 367,5 | 368 | 368,2 | 368,3 | 370,7 | 369,8 | 369,5 | 368,9 |
| 89 | 359,4 | 367,2 | 369,7 | 375,1 | 372,8 | 380 | 377,8 | 376,6 | 376,4 | 378,4 | 379,2 |
| 90 | 361,5 | 381,6 | 380,7 | 380,4 | 382,4 | 385,5 | 384,9 | 390,4 | 390,9 | 389,8 | 387,2 |

Навчальне видання

Методичні вказівки до розрахунково-графічних завдань
з курсу «Основи ідентифікації»
для студентів спеціальності 7.091302
“Метрологія та вимірювальна техніка”
денної та заочної форм навчання
Російською мовою

Укладачі: ОВЧАРЕНКО Олександр Іванович,
МИГУЩЕНКО Руслан Павлович,
КОМІРНИЙ Андрій Сергійович,
ЄРМОЛОВСЬКА Людмила Павлівна,
під ред. ОВЧАРЕНКА ОЛЕКСАНДРА ІВАНОВИЧА

Відповідальний за випуск В.І. Дякін
Роботу до друку рекомендував О.І. Рогачов

В авторській редакції

План 2003р., п

Підписано до друку . Формат 60×84 1/16. Папір офсет. Друк –
ризографія. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. . Облік. – вид. арк. .
Наклад 100 прим. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ “ХПІ”, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК №196 від 10.07.2000р.

Друкарня НТУ “ХПІ”