

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

УДК 621.002.6. 00412

№ Госрегистрации 19961289

Инв. №

УТВЕРЖДАЮ :

**Проректор по научной
работе ВГТУ**

Гитовский С.М.

1996 г.



О Т Ч Е Т

по научно-исследовательской работе

“Разработка и исследование методов оценки и оптимизации показателей качества технических систем”

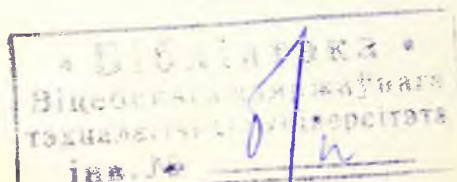
(ГБ №217)

Начальник НИСа:

Беликов С.А.

Руководитель темы:

Олышанский В.И.



Витебск, 1997 г.

Р Е Ф Е Р А Т

Отчет содержит 170 страниц машинописного текста, 6. таблиц и 85. рисунка.

Ключевые слова: качество, техническая система, показатель, модель, имитационное моделирование, шлифовальный круг, гранулометрический состав, твердость, режущая способность, силовое ограничение, тепловое ограничение, рабочий цикл, оптимизация, управление, параметрическая надежность, реализация, тренд, ансамбль.

В отчете изложены результаты теоретического анализа проблемы оценки и оптимизации показателей качества технических систем, который позволил установить необходимость разделения показателей качества на исходные и вычисляемые, а в качестве исходных показателей качества сырья и инструментов использовать (по возможности) параметры моделей зависимости их технологических свойств от условий испытания.

В качестве конкретного приложения общей теории разработаны экспериментальные методы ускоренного определения исходных и рабочих характеристик шлифовального круга, методы оптимизации ступенчатого управления рабочим циклом плоского врезного шлифования в широком диапазоне компонентов свойств технологической системы. Установлено влияние затупления шлифовального круга и неопределенности его характеристик на результаты шлифования при оптимальном управлении и разработаны рекомендации по устранению неопределенности на показатели качества подповерхностного слоя шлифованной детали.

Разработаны методы и программное обеспечение для прогнозирования показателей надежности по различным реализациям изменения исследуемого параметра в условиях эксперимента.

Результаты исследований частично внедрены в учебный процесс и предложены для внедрения предприятиям Витебска и Орши, выпускающим шлифовальные станки.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1. Ольшанский Валерий Иосифович | к. т. н., доц. зав.
кафедрой ТиОМП |
| 2. Махариноский Ефим Ильич | руководитель темы
к. т. н., проф.
кафедры ТиОМП |
| 3. Махариноский Юрий Ефимович | ст. преподаватель
кафедры ТиОМП |
| 4. Дроздова Ольга Николаевна | зав. лабораторией
кафедры ТиОМП |
| 5. Андрушкевич Иосиф Евгеньевич | к. ф. м. н. зав.
кафедрой "Физика" |
| 6. Терентьев Валерий Павлович | к. т. н. доц. ка-
федры "Информатика" |
| 7. Лазуко Алексей Николаевич | студент 5-го курса
МТФ |
| 8. Карцев Игорь Николоевич | студент 2-го курса
МТФ |

Оглавление

Введение	8
1. Анализ состояния вопроса и постановка задачи	
1.1. Систематизация показателей качества и методов их оценки (обзор литературы)	9
1.2. Анализ литературы и постановка задач исследования ..	24
Литература к разделу 1	32
2. Оценка качества шлифовального круга	
2.1. Систематизация показателей качества шлифовального круга	33
2.2. Совершенствование метода оценки гранулометрического состава абразивных зерен	35
2.3. Совершенствование метода определения показателей внутреннего строения шлифовального круга	40
2.4. Твердость, как критерий качества шлифовальных кругов	44
2.5. Выбор и обоснование технологических характеристик шлифовального круга	53
2.6. Модели производительности и съема	55
2.7. Модели ограничений производительности	56
2.8. Моделирование образования дефектного слоя под шлифо- ванной поверхностью	66
2.9. Методика экспериментального (на стенде) определения показателей K_p и j	68
2.9.1. Эксперимент с измерением съема (глубины шлифова- ния)	70
2.9.2. Эксперимент с измерением радиальной силы	71
2.9.3. Эксперимент с измерением радиальной силы и съема	74
2.10. Методика экспериментального (на стенде) определения параметров моделей теплового ограничения A_k и b ...	75
2.11. Методика определения параметров K_p и j во время вы- полнения рабочего цикла	79
2.12. Устойчивость методов экспериментального определения параметров Y , K_p и j	82
Литература к разделу 2	83

3. Повышение качества управления процессом плоского врезного шлифования	85
3.1. Анализ состояния проблемы	85
3.2. Определение параметров граничного алгоритма управления рабочим циклом плоского врезного шлифования	92
3.3. Математическая постановка задачи оптимизации ступенчатого алгоритма управления плоским врезным шлифованием	94
3.4. Особенности расчета параметров допустимого ступенчатого алгоритма управления	99
3.4.1. Алгоритм расчета при наличии увеличенной подачи и выхаживания без подачи	99
3.4.2. Особенности расчета при больших значениях параметров Y и b	101
3.4.3. Особенности алгоритмов расчета при ограниченных возможностях системы управления	103
3.5. Влияние показателей, отражающих условия шлифования, на показатели оптимального алгоритма управления рабочим циклом	109
3.6. Влияние скорости стола V на производительность рабочего цикла при оптимальном ступенчатом управлении ...	117
Литература к разделу 3	120
Приложение (к разделу 3)	120
4. Влияние неопределенности показателей условий шлифования на результаты оптимального управления	124
4.1. Неопределенность показателей условий шлифования	124
4.2. Моделирование наследования погрешностей заготовки ...	124
4.3. Моделирование затупления шлифовального круга при постоянном режиме шлифования	132
4.4. Моделирование затупления при шлифовании с изменяющимися в рабочем цикле подачами	135
4.5. Моделирование изменения параметров ограничений производительности при затуплении	138
4.6. Моделирование влияния неопределенности подач и погрешностей оценки показателей Y и b на результаты шлифования	141
4.7. Влияние затупления на результаты реализации оптимального рабочего цикла	152
Литература к разделу 4	153

5. Оценка параметрической надежности	155
5.1. Цели и виды испытаний	155
5.2. Определение параметров	155
5.2.1. Структурное представление параметров	155
5.2.2. Анализ реализации	156
5.2.3. Анализ флуктуаций параметра	158
5.2.4. Анализ тренда	158
5.2.5. Параметры ансамбля	161
5.2.6. Прогнозирование надежности	162
5.2.7. Апостериорный расчет надежности	163
5.2.8. Апостериорное моделирование надежности	163
5.3. Программа расчета на ЭВМ ресурса ансамбля систем	164
5.3.1. Определение математической модели	164
5.3.2. Структура и реализация программы	166
Литература к разделу 5	168

Введение

Одной из основных проблем практики проектирования технических систем является неопределенность (а часто просто неизвестность) объективных связей между конфигурацией технической системы и показателями качества ее компонентов, с одной стороны, и показателями качества функционирования всей системы -- с другой. Поэтому не всегда возможен правильный выбор технического решения, направленного на усовершенствование прототипа (эксплуатируемая система, показатели качества которой не удовлетворяют общество в новых условиях).

Ситуация усугубляется еще и тем обстоятельством, что показатели качества системы и ее компонентов обычно являются противоречивыми (улучшение одних, ведет к ухудшению других) и большинство из них практически невозможно достаточно точно оценить с помощью теоретических моделей. А экспериментальные методы оценки (идентификации) многих важных показателей качества требуют больших затрат времени и ресурсов, что существенно увеличивает цикл проектирования и удорожает его.

Общим недостатком множества фундаментальных и прикладных работ по методическому и программному обеспечению эксперимента, по диагностике машин и т. д. является их узкая направленность на частные показатели качества (надежность, виброустойчивость и т. д.), а также недостаточное внимание к проблемам связи между показателями качества "ключевого" компонента системы и ее работоспособностью.

- разработать оптимальные стратегии управления рабочим циклом технологической системы (для плоскошлифовальных и заточных станков).

Решение этих задач будет полезным проектным организациям, проектирующим технологическое оборудование для машиностроения, текстильной и легкой промышленности, так как они помогут сделать правильный выбор технического решения, направленного на усовершенствование прототипа (эксплуатируемая система, показатели качества которой не удовлетворяют общество в новых условиях).

Литература к разделу 1

1. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. / Ред. совет: В. С. Адуевский (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1989. Т. 7. Качество и надежность в производстве.
2. Надежность технических систем: Справочник. / Под общей ред. И. В. Апполонова.
3. Надежность в технике. Методы прогнозирования показателей параметрической надежности. М.: Госстандарт, 1980.
4. Методика планирования наблюдений и оценки показателей надежности. МИ 81-76. М.: Изд. стандартов, 1977.
5. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. РД 50-149. М.: Изд. станд., 1979.
6. Елизаветин М. А. Повышение надежности машин. М.: Машиностроение, 1973.
8. Кузьмин Ф. И. Задачи обеспечения надежности технических систем. М.: Машиностроение, 1982.
9. Надежность режущего инструмента. (Сборник статей). Киев: Изд. Техника, 1972.
10. Проников А. С. Программный метод испытания металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1985.
11. Фролов К. В. Методы совершенствования машин и современные проблемы машиноведения. М.: Машиностроение, 1984.
12. Меткин. Н. П., Лапин М. С., Клейменов С. А., Критский В. М. Тибкие производственные системы. М.: Изд. стандартов, 1989.

проходов в каждом опыте с 4-х до 12-ти K_y уменьшается с 1,4 до 0,15.

Литература к разделу 2

1. Ваксер Д. Б. Пути повышения производительности абразивного инструмента при шлифовании. М.: Машиностроение, 1964.
2. Ваксер. Д. Б. Исследование влияния геометрии абразивного зерна и однородности зернового состава на эффективность шлифования. Автореферат дисс. Л.: 1961.
3. Пилипчук В. И. Обзор теорий твердости. М.: Наука, 1962.
4. Редько С. Г. Процессы теплообразования при шлифовании металлов. Саратов: Изд-во СГУ, 1962.
5. Королев А. В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. Саратов: Изд-во СГУ, 1975.
6. Глейзер. Л. А. Пути усовершенствования инструмента, станков и технологии круглого шлифования. М.: Машиностроение, 1957.
7. Лурье Г. В. Шлифование металлов. М.: Машиностроение, 1969.
8. Махаринский Е. И. Технологические основы управления процессом шлифования. М.: СНИО СССР, 1990.
9. Михелькевич В.Н. Автоматическое управление шлифованием. - М.: Машиностроение, 1975.
10. Сударииков А.С., Вояршинов Ю.А., Политов М.Ф. Управление объемом припуска при шлифовании. - Вестник машиностроения, 1977, N 9.
11. Жвирблис А.В., Гельфельд О.М. Выбор алгоритмов управления процессом прецизионного круглого наружного шлифования. - Станки и инструмент, 1979, N 2.
12. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности. - М.: Машиностроение, 1978.
13. Ящерицын П.И., Еременко М.П., Цокур А.К. Тепловые явления при шлифовании и свойства обработанных поверхностей. - Минск: Наука и техника, 1973.
14. Пилинский В.И., Николаев С.В. Исследование температур при абразивном шлифовании быстрорежущих сталей. - В сб.: Теплофизика технологических процессов. Вып. 1. Издательство Саратовского университета, 1973.
15. Евсеев Д.Г., Сальников А.Н. Физические основы процесса шлифования. - Издательство Саратовского университета, 1978.

16. Филимонов Л.Н. Высокоскоростное шлифование. - Л.: Машиностроение, 1979.
17. Реаников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки. М.: Машиностроение, 1981.
18. Рыкунов Н.С. Исследование процессов плоского шлифования с использованием теории подобия. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Уфа, 1974.
19. Щипанов В.В. Теоретическое и экспериментальное определение области технологических условий, обеспечивающих бесприжоговое шлифование. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н., Куйбышев, 1977.
20. Островский В. И. Оптимизация условий эксплуатации абразивного инструмента: Обзор. -- М.: НИИмаш, 1984.
21. Авт. свид. СССР 988526, кл.В 24Q 15/00, бюл. N 2, 1983.
22. Авт. свид. СССР 988534, кл.В 24B 49/00, бюл. N 2, 1983.

где is и $is1$ — суммарное число проходов для выполнения оптимального рабочего цикла с произвольной и фиксированной скоростью стола соответственно.

Разработано программное обеспечение (программы ALS и ALS1), позволяющее определить значение $K_{ПВЦ}$ для разных значений отношения V к V_1 (изменялось от 0,5 до 2) и для разных условий шлифования. Анализ опубликованных результатов экспериментов по определению параметров модели 2.14 показал, что отношение (p / r) изменяется в широких пределах (от -0,25 до 0,65) в зависимости от характеристики шлифовального круга и марки шлифуемого материала.

Анализ результатов моделирования с помощью данного программного обеспечения, часть которых показана на рис. 3.14, позволяет сделать следующие выводы: 1) в любых условиях плоского врезного шлифования повышение скорости стола ведет к сокращению затрат времени на выполнение оптимального ступенчатого рабочего цикла; 2) увеличение отношения (p / r) (от -0,25 до 0,65) ведет к уменьшению коэффициента относительного повышения технологической производительности, который показывает во сколько раз сократятся затраты времени на выполнение рабочего цикла при увеличении V / V_1 от 0,5 до 2, т. е. в 4 раза (рис. 3.15).

Литература к разделу 3

1. Авт. свид. СССР 526499, кл. В 24В 51/00, бюл. N 32, 1976.
2. Авт. свид. СССР 542636, кл. В 24В 49/00, бюл. N 2, 1977.
3. Авт. свид. СССР 545455, кл. В 24В 49/00, бюл. N 5, 1977.
4. Авт. свид. СССР 576205, кл. В 24В 51/00, бюл. N 38, 1977.
5. Авт. свид. СССР 604666, кл. В 24В 49/02, бюл. N 16, 1978.
6. Авт. свид. СССР 629482, кл. В 24В 49/02, бюл. N 39, 1978.
7. Авт. свид. СССР 630064, кл. В 24В 49/00, бюл. N 40, 1978.
8. Авт. свид. СССР 643315, кл. В 24В 51/00, бюл. N 3, 1979.
9. Авт. свид. СССР 645826, кл. В 24В 51/00, бюл. N 5, 1979.
10. Авт. свид. СССР 647102, кл. В 24В 49/00, бюл. N 6, 1979.
11. Авт. свид. СССР 703319, кл. В 24В 49/08, бюл. N 46, 1979.
12. Авт. свид. СССР 707787, кл. В 24В 47/22, бюл. N 1, 1980.
13. Авт. свид. СССР 722746, кл. В 24В 49/00, бюл. N 11, 1980.
14. Авт. свид. СССР 770752, кл. В 24В 51/00, бюл. N 38, 1980.
15. Авт. свид. СССР 770764, кл. В 24В 49/00, бюл. N 38, 1980.
16. Авт. свид. СССР 779052, кл. В 24В 49/00, бюл. N 42, 1980.
17. Авт. свид. СССР 791515, кл. В 24В 49/00, бюл. N 48, 1980.

18. Авт. свид. СССР 818823, кл.В 24В 1/00, бюл. N 13,1981.
19. Авт. свид. СССР 823099, кл.В 24В 49/00, бюл. N 15,1981.
20. Авт. свид. СССР 859134, кл.В 24В 49/08, бюл. N 32,1981.
21. Авт. свид. СССР 878540, кл.В 24В 49/00, бюл. N 41,1981.
22. Авт. свид. СССР 878542, кл.В 24В 51/00, бюл. N 41,1981.
23. Авт. свид. СССР 916247, кл.В 24В 1/00, бюл. N 12,1982.
24. Авт. свид. СССР 918065, кл.В 24В 47/24, бюл. N 13,1982.
25. Авт. свид. СССР 921822, кл.В 24В 49/00, бюл. N 15,1982.
26. Авт. свид. СССР 931435, кл.В 24В 49/00, бюл. N 20,1982.
27. Авт. свид. СССР 952555, кл.В 24В 51/00, бюл. N 31,1982.
28. Авт. свид. СССР 973324, кл.В 24В 49/00, бюл. N 42,1982.
29. Авт. свид. СССР 975366, кл.В 24В 53/00, бюл. N 43,1982.
30. Авт. свид. СССР 984839, кл.В 24В 49/00, бюл. N 48,1982.
31. Авт. свид. СССР 984840, кл.В 24В 49/00, бюл. N 48,1982.
32. Авт. свид. СССР 986726, кл.В 24Q 15/00, бюл. N 1,1983.
33. Авт. свид. СССР 988526, кл.В 24Q 15/00, бюл. N 2,1983.
34. Авт. свид. СССР 988534, кл.В 24В 49/00, бюл. N 2,1983.
35. Авт. свид. СССР 1009733, кл.В 24В 51/00, бюл. N 13,1983.
36. Авт. свид. СССР 1036508, кл.В 24В 51/00, бюл. N 31,1983.
37. Авт. свид. СССР 1085792, кл.В 24В 49/00, бюл. N 14,1984.
38. Авт. свид. СССР 1105294, кл.В 24В 5/00, бюл. N 28,1984.
39. Авт. свид. СССР 1110616, кл.В 24В 49/00, бюл. N 32,1984.
40. Авт. свид. СССР 1139618, кл.В 24В 51/00, бюл. N 6,1985.
41. Авт. свид. СССР 1146179, кл.В 24В 7/00, бюл. N 11,1985.
42. Авт. свид. СССР 1148760, кл.В 24В 1/00, бюл. N 13,1985.
43. Авт. свид. СССР 1148771, кл.В 24В 51/00, бюл. N 13,1985.
44. Авт. свид. СССР 1164038, кл.В 24В 5/00, бюл. N 24,1985.
45. Авт. свид. СССР 1187955, кл.В 24В 15/00, бюл. N 40,1985.
46. Авт. свид. СССР 1202931, кл.В 24В 51/00, бюл. N 1,1986.
47. Авт. свид. СССР 1316800, кл.В 24В 49/00, бюл. N 22,1987.
48. Авт. свид. СССР 1382636, кл.В 24В 49/00, бюл. N 11,1988.
49. Авт. свид. СССР 1399097, кл.В 24В 49/00, бюл. N 20,1988.
50. Авт. свид. СССР 1400865, кл.В 24В 51/00, бюл. N 21,1988.
51. Авт. свид. СССР 1414593, кл.В 24В 51/00, бюл. N 29,1988.
52. Авт. свид. СССР 1419860, кл.В 24В 1/00, бюл. N 32,1988.
53. Авт. свид. СССР 1430241, кл.В 24В 51/00, бюл. N 38,1988.
54. Авт. свид. СССР 1444137, кл.В 24В 51/00, бюл. N 46,1988.
55. Авт. свид. СССР 1450978, кл.В 24В 1/00, бюл. N 2,1989.
56. Авт. свид. СССР 1484605, кл.В 24В 1/00, бюл. N 21,1989.
57. Авт. свид. СССР 1491678, кл.В 24В 49/00, бюл. N 25,1989.

58. Авт. свид. СССР 1521570, кл.В 24В 51/00, бюл. N 42, 1989.
59. Авт. свид. СССР 1548022, кл.В 24В 51/00, бюл. N 9, 1990.
60. Авт. свид. СССР 1549724, кл.В 24В 1/00, бюл. N 10, 1990.
61. Гордеев А. В., Пилинский В. И. Обобщенная модель оптимального режима резания при шлифовании. -- Вестник машиностроения, 1979, N 10.
62. Зубарев Ю. М., Приемышев А. В., Потапов П. А. Методы и средства повышения производительности при шлифовании. -- Резание и инструмент, 1991, N 46.
63. Коршунов В. Я. Оптимизация технологических условий абразивной обработки. Станки и инструмент, 1990, N 5.
64. Лотарь В. В., Маранцман В. Г., Чебаченко Л. А., Шкловский В. И. Управление плоскошлифовальным станком на базе программируемого контроллера. -- Станки и инструмент, 1992, N 12.
65. Петренко Ю. Н., Гульков Г. И. Оптимизация режима резания при плоском шлифовании. -- Станки и инструмент, 1984, N 4.
66. Родионов. А. С., Венедиктов В. Д. Алгоритм съема припуска с дискретной подачей. -- Станки и инструменты, 1982, N 10.
67. Судариков А. С., Бояршинов Ю. А., Политов М. Ф. Управление съемом припуска при шлифовании. -- Вестник машиностроения. 1977, N 9.
68. Эльянов В.Д. Совершенствование методики расчетов режимов шлифования. -- СТИИ, 1993, N 1.
69. Махариноский Е. И. Технологические основы управления процессом шлифования. -- М.: СНИО СССР, 1990.
70. Михелькевич В. Н., Шукин В. Д. Системы автоматического регулирования технологических процессов шлифования. -- Куйбышев: Куйбышевское книжное изд-во, 1969.
71. Михелькевич В. Н. Автоматическое управление шлифованием. -- М.: Машиностроение, 1975.

5) Даже при одном и том же алгоритме управления рабочим циклом не наблюдается однозначной зависимости между относительной потерей режущей способности шлифовального круга и уровнем показателей дефектов его реализации (табл. 4.2 и 4.3). Анализ этих таблиц показывает, что с увеличением i_{10} уровень дефектов реализации рабочего цикла, при постоянном значении δk_p , увеличивается.

Табл. 4.3. Зависимость ΣI_p и $\delta \alpha_m$ от δk_p

δk_p	ΣI_p			$\delta \alpha_m$		
	i_{10}			i_{10}		
	200	400	600	200	400	600
4,5	1,326	2,093	2,459	0	0	0
8,8	4,973	6,050	6,407	0	0,249	0,775
12,8	8,877	9,923	10,269	3,014	4,624	5,163
16,7	12,689	13,700	14,085	7,495	9,123	9,674

6) При применении алгоритма управления без первой врезной подачи наблюдаются те же закономерности изменения показателей дефектов реализации оптимального рабочего цикла от числа проточенных деталей, что и у рассмотренного выше алгоритма управления с первой врезной подачей. Но, из-за увеличения потребного числа проходов, скорость затупления несколько увеличивается и соответственно увеличиваются значения показателей дефектов. Разница не превышает 5 ... 8%.

Литература к разделу 4

1. Махаринский Е. И. Технологические основы управления процессом шлифования. М.: СНИО СССР, 1990.
2. Филимонов Л. Н. Стойкость шлифовальных кругов. -- Л.: Машиностроение, 1973.
3. Филимонов Л. Н. Высокоскоростное шлифование. -- Л.: Машиностроение, 1979.

4. Глазков С. Г. и др. Адаптивное управление процессом внутреннего шлифования при вариациях режущей способности шлифовального круга. -- Сб. Информационное обеспечение, адаптация, динамика и прочность систем -- 74. Куйбышев: Куйбышевское кн. изд., 1976.

5. Корчак С. Н., Переверзев Н. П. Система автоматизированного проектирования автоматических циклов обработки для шлифовальных станков с ЧПУ. -- Сб. докл. 8-й международной конференции по шлифованию, абразивным инструментам и материалам. ч. 2, Л. 1991.

6. Островский В. И. Оптимизация условий эксплуатации абразивного инструмента: Обзор. -- М.: НИИМаш, 1984.

7. Попов С. А., Малевский Н. П., Терешенко Л. М. Алмазноабразивная обработка металлов и твердых сплавов. -- М.: Маш-ние, 1977.

8. Резников А. Н., Резников Л. А. Тепловые процессы в технологических системах. -- М. Машиностроение, 1990.

Блок 3. Вычисление коэффициентов вероятностных характеристик, общих для всего ансамбля.

Блок 4,5. Проверка продолжительности мат. ожидания производной тренда. В случае невыполнения условия - прекращение дальнейших вычислений с соответствующим сообщением.

Блок 6. Выбор схемы отказов с соответствующим законом распределения.

Литература

1. Салениекс Н.К. "Методические указания расчета параметрической надежности" М.Инмаш. 1984 г.