

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ БССР
ВИТЕБСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

У Д К 620.17

№ гос.регистрации 76048338

Инв. № В958534 12.ИЮН81

УТВЕРЖДАЮ"
Проректор по научной работе
доцент к.т.н. *Горбачик В.Е.* ГОРБАЧИК В.Е./
" 28 *марта* 1981 г.

О Т Ч Е Т

по научно-исследовательской работе
ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ РАСЧЕТА
НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ
(заключительный отчет)

ГБ - 76-46

шифр темы

Начальник научно-исследовательского
сектора, инженер

Правдивый И.Е. /ПРАВДИВЫЙ И.Е./

Зав. кафедрой сопротивления материа-
лов и теоретической механики, доцент

Локтионов А.В. /ЛОКТИОНОВ А.В./

Руководитель темы, доцент

Г.Г. /ФЕДОСЕЕВ Г.Н./

Витебск 1981 г.

Библиотека ВГТУ



0 0 2 1 2 5 1 6

Список исполнителей:

1. Федосеев Г.Н. - доцент
2. Минченко А.В. - старший преподаватель
3. Ротенберг В.Е. - старший преподаватель
4. Буткевич Л.Н. - ассистент

Р Е Ф Е Р А Т

В отчете рассматриваются задачи по определению критического параметра нагрузки при нагружении одноярусной циклической стержневой системы, состоящей из стоек, связанных упругим кольцом (при любом числе стоек, $n \geq 3$), одной и равными силами, приложенными в узлах системы. При решении задач использован переход к обобщенным силам и перемещениям, выраженным в виде тригонометрических рядов, что позволило найти обобщенные жёсткости и податливости системы в общей постановке задачи.

Далее рассматривается поведение постоянной литейной оснастки при температурных воздействиях. Формулируется и решается одномерная задача о температурном поле в литейной форме и задача о термоупругих напряжениях в ней. Для малых значений критерия Фурье получены приближенные асимптотические зависимости. Ставится и решается задача о возможной приспособляемости металлических форм к циклам температур. Обращается внимание на важность рассмотрения нерегулярного теплового режима, а также на необходимость комплексного решения проблемы долговечности постоянных литейных металлических форм с включением вопросов материаловедения.

В заключительной главе отчета рассматривается задача о внедрении жёсткого штампа в идеально-пластическую среду. Дается теоретическое решение задачи (как с учетом, так и без учета трения между конусом и полупространством) и приводятся результаты исследования пластического объема металла, окружающего конический отпечаток (методом микроструктурных измерений пластической деформации).

ГЛАВА I.

Исследование устойчивости стержневых систем циклического строения.

§ I. Свойство цикличности в расчетах на устойчивость.

Среди инженерных сооружений видное место занимают стержневые конструкции циклического строения. Таковыми являются различные башни, вышки, градирни и другие высотные сооружения. В 30-х годах текущего столетия в нашей стране разрабатывался проект величественного здания Дворца Советов.

Исследования, проводившиеся в связи с расчетом каркаса Дворца Советов, опубликованы в работе проф. Сегалья А.И. [1] , который предложил значительное упрощение расчета, основанное на цикличности конструкции. В работе [2] проф. Сегаль А.И. тоже останавливается на особенностях расчета циклических конструкций.

Циклическим называется сооружение, составленное из n тождественных элементов (например колонн, стоек), равномерно распределенных по окружности, симметричных относительно оси сооружения и относительно любой из диаметральных плоскостей, какие могут быть проведены через середины элементов. Такие же требования круговой симметрии предъявляются и к связям между упомянутыми элементами, лежащим в боковых поверхностях сооружения или в меридиональных сечениях.

Суть упрощения расчета циклической системы покажем на примере стержневой системы, состоящей из 16-ти стоек, заделанных внизу и соединенных вверху упругим кольцом (рис. I.I.).

СОДЕРЖАНИЕ

Список исполнителей	стр. 2
Реферат	стр. 3
ГЛАВА I. Исследование устойчивости стержневых систем циклического строения.	
§ 1. Свойство цикличности в расчетах на устойчивость	стр. 4
§ 2. Расчет кольца с радиальными и тангенциальными упругими опорами.	стр. 11.
2.1. Обобщенные податливости и жесткости упругого кольца.	стр. 13
2.2. Расчет кольца с упругими опорами на действие обобщенных сил.	стр. 21
2.3. Определение жесткости кольца на упругих опорах при радиальном и тангенциальном перемещении его узла.	стр. 26
§ 3. Исследование устойчивости одноярусной стержневой системы при нагружении ее одной силой.	стр. 28
§ 4. Исследование устойчивости одноярусной стержневой системы в случае нагружения всех стоек равными силами.	
4.1. Анализ канонических уравнений метода перемещений.	стр. 32
4.2. Решение канонических уравнений при точном выражении для жесткостей стоек.	стр. 35
4.3. Приближенное решение уравнения критического нагружения.	стр. 38
§ 5. Заключение	стр. 39
ГЛАВА II. Поведение постоянной литейной оснастки при температурных воздействиях.	
§ I. Введение	
I.1. Актуальность вопроса	стр. 40

1.2. Условия работы и причины разрушения постоянных металлических форм.	стр. 42
1.3. Феноменологическая модель возникновения температурных напряжений.	стр. 43
1.4. Уравнение теплопроводности.	стр. 44
1.5. Уравнения Дюгамеля-Неймана.	стр. 46
1.6. Полная система уравнений термоупругости.	стр. 46
§ 2. Методы определения температурных напряжений в пластинах.	
2.1. Зависимости между напряжениями и деформациями в случаях идеализированного обрамления пластин.	стр. 47
2.2. Случай реального обрамления.	стр. 49
2.3. Вариационный подход	стр. 50
2.4. Выбор координатных (базисных) функций и точность вычислений.	стр. 51
§ 3. Температурное поле металлической литейной формы.	
3.1. Идеализированный подход.	стр. 56
3.2. Особенности <u>теплообмена</u> между отливкой и металлической формой.	стр. 60
3.3. Температурное поле плоской формы.	стр. 62
§ 4. Температурные напряжения в плоской форме.	
4.1. Получение численных результатов.	стр. 67
4.2. Примеры расчета.	стр. 73
§ 5. Температурные поля и температурные напряжения в цилиндрической форме.	стр. 73
§ 6. Решения для малых значений времени.	стр. 75
§ 7. Постановка задачи о приспособляемости литейных металлических форм.	
7.1. Идеализированная модель.	стр. 78
7.2. Постоянные металлические литейные формы.	стр. 82

ГЛАВА III. Задача о внедрении жёсткого штампа в идеально-пластическую среду.

- § 1. Теоретическое решение задачи. стр. 86
- § 2. Исследование пластического объема металла, стр. 97
окружающего конический отпечаток, методом
микроструктурных измерений пластической дефор-
мации.

Литература стр. Ю4

Содержание стр. II8

Библиотека ВГТУ



Литература.

1. Сегаль А.И. Упрощения при расчёте циклических систем, "Проект и стандарт", №3, 1937
2. Сегаль А.И. Прикладная теория упругости. 1961
3. Василенко А.М. Применение разностных уравнений и тригонометрических полиномов к задачам строительной механики, изд. АН УССР, Киев, 1940.
4. Прокофьев И.П., Смирнов А.Ф. Теория сооружений, ч. III, 1948.
5. Павлюк И.П. Устойчивость пространственной системы колонн. Труды ЛИСИ, вып. УШ, 1941.
6. Львин Я.Б. Расчёт устойчивости пространственной системы произвольно расположенных конструкций стоек. Сб. Расчёт пространственных конструкций, вып. II, Госстройиздат., 1951.
7. Кутуков Б.Н. Расчёт многоопорного кольца. Сб. трудов ВЭПИ, вып. 45, 1967.
8. Кутуков Б.Н. Расчёт кольца с радиальными упругими опорами. Сб. трудов ВЭПИ, вып. 81, 1973.
9. Юдин В.В. Расчёт кольца на тангенциальных упругих опорах. Сб. трудов ВЭПИ, вып. 81, 1973.
10. Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений "Наука". М., 1971.

- . Заславский М.Л. Литье в металлические формы. М., ВИНТИ, 1968, II 6 стр.
- . Дубинин Н.П., Ищенко В.В. Основные направления в развитии кокильного литья. - сб. "Прогрессивные технологические процессы производства отливок из различных сплавов". Саратов, Изд. Саратовского университета, 1976, стр. 17-18.
- . Шестопал В.М., Поляков Я.Г. Технология и оборудование литейного производства. 1967. М., ВИНТИ, 1969, 120 стр.
- . Заславский М.Л., Шестопал В.М. Литье в металлические формы. М., ВИНТИ, 1975, 240 стр.
- . Вейник А.И. Кокиль. Минск, "Наука и техника", 1972, 350 стр.
- . Машков А.К. К проблеме кокиля. Омск, Омское отделение Западно-Сибирского книжного издательства, 1975, 105 стр.
- . Болотин В.В. и другие. Современные проблемы строительной механики. М., Стройиздат, 1964, 132 стр.
- . Чернов Д.К. О выгорании каналов в стальных орудиях - "Д.К.Чернов и наука о металлах". М.-Л., Металлургиздат", 1950, стр. 338-352.
- . Вейник А.И. Проблема стойкости кокиля. - сб. "Теплофизика в литейном производстве". Минск, Из-во АН БССР, 1963, стр. 385-390.
- . Горбульский Г.Ф. О температуре поверхностных слоев металлической формы. - "Литейное производство", 1964, № 9, стр. 31-35.

21. Коцюбинский О.Ю. Температурные напряжения в плоских металлических формах.
- "Литейное производство", 1959, №3, стр. 30 - 34.
22. Петриченко А.М. Теоретические основы определения оптимальной толщины стенки кокиля.
- "Известия вузов. Черная металлургия". 1964, № 8, стр. 17 - 19.
23. Боли Б., Уэйнер Дж. Теория температурных напряжений. Перев. с англ. М., 1964, 517 стр., "Мир".
24. Коваленко А.Д. Термоупругость. Киев, "Вища школа", 1975, 216 стр.
25. Подстригач Я.С., Коляно Ю.М. Обобщенная термотехника. Киев, "Наукова думка", 1976, 311 стр.
26. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М., "Наука", 1979, 744 стр.
27. Паркус Г. Неустановившиеся температурные напряжения. Перев. с немецк. М., ГИФМЛ, 1963, 252 стр.
28. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М., "Высшая школа", 1967, 600 стр.
29. Вейник А.И. Приближенный расчет процессов теплопроводности. М.-Л., Госэнергоиздат, 1959, 184 стр.
30. Маурер, Томпсон. Эффекты отклонения от модели Фурье при высоких тепловых потоках.
- "Теплопередача", (русский перевод), "Мир", 1973, № 2, стр. 146 - 147.

31. Пехович А.И., Жидких В.М. Расчеты теплового режима твердых тел. Изд. 2-ое. Л., "Энергия", 1976. 352 стр.
32. Лецик Ю. Температурные напряжения в гибких неоднородных пластинах за пределом упругости- "
Ученые записки Тартуского университета".
1965, вып. 177, стр. 168 - 179.
33. Ильюшин А.А. Пластичность, М.,-Л., ГТТИ, 1948. 376 стр.
34. Храмченков А.И. Исследование теплового режима и стойкости металлических форм. Автореферат к.т.н. Минск, 1964, 28 стр.
35. Серебро В.С. Исследование температурных полей и стойкости кокилей. Автореферат к.т.н. Минск, 1965. 26 стр.
36. Каросас С.Ю. Исследование деформаций плоских чугуновых кокилей. Автореферат к.т.н. Каунас, 1966, 16 стр.
37. Буткевичюс Н.А. Исследование температурных полей и термоупругих напряжений в кокилях. Автореферат к.т.н. Каунас, 1966. 16 стр.
38. Навасайтис И.И. Исследование температурных полей и термоупругих деформаций плоских деталей сборного мастер-кокиля.
Автореферат к.т.н., Каунас, 1967. 24 стр.
39. Буткевичюс Н.А. Разработка инженерных методов расчета температурных напряжений и деформаций кокилей.
Автореферат д.т.н., Каунас, 1972. 32 стр.
40. Есьман Р.И., Жмакин Н.П., Шуб Л.И. Расчеты процессов литья. Минск, "Высшая школа", 1977. 264 стр.

41. Ротенберг В.Е., Храмченков А.И. Упруго-пластические деформации плоского кокиля с учетом температурного изменения свойств материала.
- сб. "Теплообмен между отливкой и формой".
Минск, "Высшая школа", 1967, стр. 243 - 255.
42. Львовский В.М., Шиян В.Г. Упруго-пластическая деформация и напряжения в металлических формах.
- "Известия вузов. Черная металлургия".
1976, № Ю, стр. 88 - 91.
43. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. Перев. с англ. М., "Мир", 1975, 542 стр.
44. Стрент Г., Фикс Дж. Теория метода конечных элементов. Перев. с англ. М., "Мир", 1977, 352 стр.
45. Шилкина З.И. Расчет плит, подкрепленных ребрами жесткости, методом конечных элементов. - "Известия вузов. Строительство и архитектура". 1975, №7, стр. 22 - 27.
46. Масленников А.М. Численный метод расчета пластин и оболочек, подкрепленных ребрами.
- "Сборник трудов. Ленинградский инженерно-строительный институт".
1972, № 74, стр. 79 - 88.
47. Постнов В.А., Хархурим И.Я. Метод конечных элементов в расчетах судовых конструкций. Л., "Судостроение", 1974, 343 стр.
48. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М., "Наука", 1977, 456 стр.

9. Годунов С.К., Рябенский В.С. Разностные схемы. М., "Наука", 1977, 440 стр.
10. Копейкин Ю.Д. Интегральные уравнения пространственных задач статике упругого тела.
- "Прикладная механика", 1965, I, в.5, стр. 29 - 35.
11. Купрадзе В.Д. и другие. Трёхмерные задачи математической теории упругости и термоупругости. Изд. 2-ое, М., "Наука", 1976, 664 стр.
12. Партон В.З., Перлин П.И. Интегральные уравнения теории упругости. М., "Наука", 1977. 312 стр.
13. Метод граничных интегральных уравнений, Перев. с англ. М., "Мир", 1978, 212 стр.
14. Лейбензон Л.С. Вариационные методы решения задач теории упругости. М. - Л., ГТТИ, 1943, 287 стр.
15. Канторович Л.В. и Крылов В.И. Приближенные методы высшего анализа. Изд. 5-ое. М., Л., ГИФМЛ, 1962, 708 стр.
16. Михлин С.Г. Вариационные методы в математической физике. Изд. 2-ое. М., "Наука", 1970, 512 стр.
17. Михлин С.Г. Численная реализация вариационных методов. М., "Наука", 1966, 432 стр.
18. Качанов Л.М. Механика пластических сред. М. - Л., ГТТИ, 1948, 216 стр.
19. Каудерер Г. Нелинейная механика. Перев. с нем. М., ИЛ, 1961, 778 стр.
20. Романова В.А. Построение двусторонних приближений по энергии для задачи об изгибе прямоугольной пластинки, жёстко заделанной по контуру. - "Труды университета дружбы народов

- им. П. Лумумбы". М., 1974, 71, серия строительство, в 8, стр 146-151.
61. Рао Г.В., Мурти А.В.К. Альтернативная форма формулы Рамберга-Осгуда для матричного определения смещений, - "Механика. Периодич. сборник переводов иностранных статей". 1972, №3, стр. 135 - 146.
62. Надаи А. Пластичность и разрушение твердых тел. Т.2. Перев. с англ. М., "Мир", 1969, 864 стр.
63. Мэнсон С. Температурные напряжения и малоцикловая усталость. Перев. с англ. М., "Машиностроение", 1974, 344 стр.
64. Рвачев В.Л., Слесаренко А.П. Алгебра логики и интегральные преобразования в краевых задачах. Киев, "Наукова думка", 1976, 288 стр.
65. Рвачев В.Л., Проценко В.С. Контактные задачи теории упругости для неклассических областей. Киев, "Наукова думка", 1977, 236 стр.
66. Рвачев В.Л., Рвачев В.А. Неклассические методы теории приближений в краевых задачах. Киев, "Наукова думка", 1979, 196 стр.
67. Папкович П.Ф. Теория упругости. М., -Л., Оборонгиз, 1939, 640 стр.
68. Денисов М.Г. Об одном варианте метода коллокаций. - "Труды Тюменского индустриального института", Вып. 40, Тюмень, 1974, стр. 90 - 94.
69. Гольденберг Л.И. Расчет мембран при различных условиях на контуре. - "Строительная механика и расчет сооружений", 1970, №1, стр. 21 - 27.

70. Лившиц Я.Д. Изгиб гибких пластин, эксцентрично заземленных в упругом контуре. - "Труды IV Всесоюзной конференции по теории оболочек и пластин". Ереван. Из-во АН Арм. ССР, 1964, стр. 646-651.
71. Вейник А.И. Тепловые основы теории литья. М., Машгиз. 1953, 384 стр.
72. Карслоу Г., Егер Дж. Теплопроводность твердых тел. Перев. с англ., М., "Наука", 1964, 488 стр.
73. Беляев Н.М., Рядно А.А. Методы нестационарной теплопроводности. М., "Высшая школа", 1978, 328 стр.
74. Вейник А.И. Теплообмен между слитком и изложницей. М., Металлургиздат, 1959, 396 стр.
75. Христиненко П.И. О нестационарном температурном поле и термоупругих напряжениях в пластине. - "Инженерно-физический журнал", 1962, 5, № 6, стр 73-80.
76. Христиненко П.И. Общий метод теплового расчета постоянных литейных форм. Автореферат д.т.н. Киев, 1969, 33 стр.
77. Христиненко П.И. Новый способ теплового расчета постоянной литейной формы. - "Тепловые процессы в отливках и формах". М., "Наука", 1972, стр. 99-106.
78. Анисович Г.А. Затвердевание отливок. Минск, "Наука и техника", 1979, 232 стр.
79. Кавичка Ф. (Kavička F.) и др. Тепловое сопротивление на границе раздела изложница-слиток и его влияние на ход затвердения слитка. - "Экспресс информация ТОЛП" М., ВИНТИ, 1977, № 14, Реферат 81, стр.1-7.
80. Sugiyama M., Umeda T., Takeuchi H., Kato H.
- "Imono. J. Jap. Foundrymen's Soc."

1975, 47, №3, pp.178 - 183.

(см. РЖ Технология машиностроения, 1975, 8Г 28).

81. Nishida Y. and Matsubara H. Effect of pressure on heat transfer at the metal mould-casting interface.
- "British Foundryman",

1976, 69, №II, pp.274 - 278.

82. Nishida Y., Imai T. and Matsubara H.
Numerical analysis of solidification of
cast iron in metal moulds. -
- "British Foundryman".

1977, 70, №Ю, pp.304 - 310.

83. Николаева О.И., Федотов Г.Д., Журавлев В.Н'. Исследование температурного поля прессформ при жидкой штамповке латуни (ЛС59-1). - "Кузнечно-штамповочное производство", 1975, №8, стр. 26 - 27.

84. Соколов Е.А., Юсупов У.Г. Исследование температурного поля кокилей. - "Труды МВТУ им. Н.Э.Баумана", 1976, №202, в.2, стр. 15 - 19.

85. Аджутори Е.Ф. Новые методы в теплопередаче. Перев. с англ. М., "Мир", 1977, 232 стр.

86. Зайденман И.А., Мучник Г.Ф.. Нестационарная теплопроводность в многослойных средах.
II. Двухслойные системы и определение минимального времени прогрева системы заданной теплоёмкости. -
- "Инженерно-физический журнал", 1963, 6, №2, стр. 75 - 85.

87. Джермейн К. Программирование на I BM/360. Перев. с англ. М., "Мир", 1978, 872 стр.

88. Брич З.С. и др. ФОРТРАН ЕС ЭВМ. М., "Статистика", 1978, 264 стр.
89. Мак-Кракен Д., Дорн У. Численные методы и программирование на Фортране. Перев. с англ. М., "Мир", 1969, 512 стр.
90. Вейник А.И. Теория затвердевания отливки. М., "Машигиз", 1960, 436 стр.
91. Джонсон У., Меллор П. Теория пластичности для инженеров. Перев. с англ. М., "Машиностроение", 1979, 568 стр.
92. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. Перев. с англ. М., "Наука", 1975, 576 стр.
93. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z - преобразования. Перев. с нем. М., "Наука", 1971. 288 стр.
94. Давиденков Н.Н., Лихачев В.А. Необратимое формоизменение металлов при циклическом тепловом воздействии. М.: Машгиз, 1962, 224 стр.
95. Вейник А.И. Расчет отливки. М., "Машиностроение", 1964, 404 стр.
96. Койтер В.Т. Общие теоремы теории упруго-пластических сред. Перев. с англ. М., ИЛ, 1961, 80 стр.
97. Прагер В. Расчет конструкций за пределом упругости при циклических температурных воздействиях. - "Механика. Период. сборн. перев. иностр. статей", 1957, №3, стр. Ю4 - III.
98. Прагер В. Приспособляемость в упруго-пластической среде, подвергнутой циклам нагрузки и температуры. - "Механика. Период. сборн. перев. иностр. статей", 1958, №5, стр. I2I - I25.

99. Розенблюм В.И. О приспособляемости неравномерно нагретых упруго-пластических тел. - "Изв. АН СССР, ОТН", 1957, № 7, стр. 136 - 138.
100. Розенблюм В.И. К анализу приспособляемости неравномерно-нагретых упруго-пластических тел. - "Журнал прикладной механики и технической физики", 1965, № 5, стр. 98 - 101.
101. Ольшак В и др. Современное состояние теории пластичности. Пер. с англ. М., "Мир", 1964, 244 стр.
102. Гохфельд Д.А. Несущая способность конструкций в условиях теплосмен. М., "Машиностроение", 1970, 260 стр.
103. Гохфельд Д.А. и др. Проблемы прочности термонапряженных конструкций. - "Механика деформируемого твердого тела". Т. 12. М., ВИНТИ, 1978, стр. 91-194.
104. Гохфельд Д.А., Чернявский О.Ф. Несущая способность конструкций при повторных нагружениях. М., "Машиностроение", 1979 г, 264 стр.
105. Гохфельд Д.А., Чернявский О.Ф. Приспособляемость упругопластических конструкций (обзор). - "Проблемы теории пластичности и ползучести". М., "Мир", 1979, стр. 7 - 53.
106. Пэжина П., Савчук А. Проблемы термопластичности. Перев. с англ. - Там-же, стр. 94 - 202.
107. Ранецкий Б., Савчук А. Температурные эффекты в пластичности. Ч. I.: связанная теория. Перев. с англ. - Там-же, стр. 203 - 220.
108. Ранецкий Б., Савчук А. Температурные эффекты в пластичности. Ч. II: единственность решения и приложения.

Перев. с англ. - Там - же, стр. 221 - 245.

- Ю9. Гохфельд Д.А. О возможности нарастания пластических деформаций в результате циклических температурных воздействий. - "Расчеты на прочность". М., "Машгиз", Вып. 7, стр. 64 - 74, 1961.
- ЮЮ. Гохфельд Д.А. Теоремы и методы теории приспособляемости упруго-пластических тел.- "Тепловые напряжения в элементах конструкций". Вып. 7, Киев, "Наукова думка", 1967, стр. 93 - 102.
- III. Гохфельд Д.А. О приспособляемости в условиях повторных тепловых воздействий. - "Тепловые напряжения в элементах турбомашин". Вып. I. Киев, Из-во АН УССР, 1961, стр. 138 - 149.
- II2. Гохфельд Д.А. О расчете на прочность при повторных воздействиях температурного поля и нагрузки. - "Расчеты на прочность". Вып. II. М., "Машиностроение", 1965, стр. 209 - 228.
- II3. Баландин Ю.Ф. Термическая усталость металлов в судовом энергомашиностроении. Л., "Судостроение", 1967, 272 стр.
- II4. Огибалов П.М., Колтунов М.А. Оболочки и пластины. М., МГУ, 1969, 696 стр.
- II5. Огибалов П.М., Мирзаджанзаде А.Х. Механика физических процессов. М., МГУ, 1976, 368 стр.
- II6. Туляков Г.А. Термическая усталость в теплоэнергетике. М., "Машиностроение", 1978, 200 стр.
- II7. Серенсен С.В. и др. Прочность при малоцикловом нагружении. М., "Наука", 1975, 288 стр.

118. Исследования малоцикловой прочности при высоких температурах. М., "Наука", 1975, 126 стр.
119. Прочность материалов и конструкций. Киев, "Наукова думка", 1975, 384 стр.
120. Гусенков А.П. Прочность при изотермическом и неизотермическом малоцикловом нагружении. М., "Наука", 1979, 296 стр.
121. Серенсен С.В. и др. Поля деформаций при малоцикловом нагружении. М., "Наука" 1979, 278 стр.
122. Тараскина Н.Н. Исследование механической приспособляемости материалов для кокилей. - "Улучшение свойств материалов, их обработка и методы контроля".
Владимирский политехнический институт. (Рукопись депонирована в Черметинформации). 1979 г., стр. 68 - 76.
123. Мартыненко М.Д., Буткевич Л.Н. О внедрении конуса в жёстко-пластическое полупространство. Изв. АН БССР, серия физ.-мат. наук, 1978, №2.
124. Буткевич Л.Н., М.Д.Мартыненко. Об учете сил контактного трения при внедрении конуса в полупространство. Изв. АН БССР, серия физ.-мат. наук, 1978, №3.
125. Баушис Я.П., Буткевич Л.Н., Лангос Э.А. Задача внедрения жёсткого конусообразного индентора в жёстко-пластическое полупространство. Материалы конференции "Развитие технических наук в республике и использование их результатов".
Каунас, 1975.
126. Баушис Я.П., Мартыненко, М.Д., Буткевич Л.Н. Теоретическое и экспериментальное изучение внедрения конического штампа в полупространство. В сб. "Опыт и перспективы разработки несущих конструкций современной техники".

Тезисы межотраслевого научно-методического семинара.

Ивано-Франковск, 20 -22 мая 1980 г.

127. Буткевич Л.Н. Внедрение конического штампа в пластическую среду. У Республиканская конференция математиков Белоруссии (Тезисы докладов), ч. II, 29-30 октября 1980 г.
128. Баушис Я.П., Буткевич Л.Н. Экспериментальное изучение процесса внедрения конического штампа в металл методом микроструктурных измерений. В сб. "Прочность и долговечность. Механическая технология", Хт., 1980 г., г. Вильнюс.