

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

КОРОЛЬКОВ ДМИТРИЙ ИГОРЕВИЧ

**ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И СРОКОВ СЛУЖБЫ БАЛОЧНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ИЗ LVL**

Специальность 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук
профессор Черных А.Г.

Санкт-Петербург – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И СРОКОВ СЛУЖБЫ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ОДНОНАПРАВЛЕННОГО КЛЕЕНОГО ШПОНА.....	12
1.1 Балочные конструкции из однонаправленного клееного шпона. Факторы влияния на долговечность.	12
1.2 Анализ методов определения остаточного ресурса строительных конструкций с учетом длительной прочности и физического износа	23
1.2.1 Методы определения срока службы и остаточного ресурса строительных конструкций по величине физического износа.....	23
1.2.2 Методы определения срока службы и остаточного ресурса строительных конструкций по деградации прочностных свойств	32
1.3 Обзор методов оценки деградации прочностных свойств древесины и материалов на ее основе	37
1.4 Исследование предпосылок и лучших практик для разработки ускоренного метода определения длительной прочности LVL	51
1.5 Особенности существующих методик определения сроков службы деревянных конструкций.	54
1.6 Выводы по первой главе	56
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ РАСЧЁТА СРОКА СЛУЖБЫ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НЕСУЩИХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	58
2.1 Постановка задачи.....	58
2.2 Определение остаточного ресурса деревянных конструкций при заданном уровне надежности.....	60
2.3 Обоснование возможности применения для оценки остаточного ресурса метода гамма-процентного ресурса с учетом физического износа.....	65
2.4 Исследование влияния деградации прочностных свойств и физического износа на обобщенный показатель относительной надежности конструкций	72
2.5 Влияние скорости нагружения на прочность LVL.....	75
2.6 Выводы по второй главе	78

ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ, СРОКА СЛУЖБЫ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	80
3.1 Образцы, оборудование для выполнения кратковременных и длительных испытаний клееного однонаправленного шпона на растяжение	80
3.2 Методические положения экспериментальных исследований длительной прочности клееного однонаправленного шпона при растяжении.....	82
3.2.1 <i>Определение плотности и влажности LVL</i>	83
3.2.2 <i>Определение пределов прочности при растяжении</i>	84
3.2.3 <i>Верификация значений экспериментальных данных прямым методом испытания</i>	85
3.3 Ускоренный метод определения длительной прочности на растяжение при различных углах наклона волокон LVL	88
3.4 Статистическая обработка и анализ опытных данных.....	89
ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ LVL ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.....	91
4.1 Определение физических характеристик.....	91
4.2 Исследование влияния угла наклона волокон на прочность LVL при растяжении	94
4.3 Определение термофлуктуационных констант и коэффициента длительной прочности LVL.....	101
4.3 Определение длительной прочности LVL при растяжении прямым методом при действии постоянной нагрузки	109
4.4 Выводы по четвертой главе	114
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И СРОКОВ СЛУЖБЫ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ LVL.....	115
5.1 Экспериментальные исследования для определения коэффициента безопасности LVL-балок	115
5.2 Определение расчетного срока службы LVL-балки	121
5.3 Выводы по пятой главе	132
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	134
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ.....	136

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	137
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Результаты испытаний образцов при стандартной скорости нагружения	158
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Сводный протокол машинных испытаний балок LVL длиной 6 м	166
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Информация об испытательном центре СПбГАСУ. Свидетельства о поверке и калибровке испытательного оборудования	266
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Акт внедрения результатов диссертационного исследования	277

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Строительство является одним из главных антропогенных факторов, влияющих на окружающую среду. Воздействие происходит как во время самого процесса возведения здания или сооружения, поскольку оно нуждается в достаточном количестве сырья, стройматериалов, энергетических, водных и других ресурсах, так и при эксплуатации уже построенных объектов. Один из подходов к снижению негативного влияния строительства на окружающую среду предполагает увеличение использования конструкций из материалов на основе инженерной древесины.

В последние два десятилетия все большее распространение в строительной отрасли Российской Федерации получает применение бруса многослойного клееного из шпона LVL (англ. Laminated Veneer Lumber). Широкий выбор типоразмеров LVL позволяет минимизировать трудозатраты и количество отходов при производстве строительных конструкций как на заводе, так и на строительной площадке. LVL применяются при строительстве в виде несущих и ограждающих конструкций. Востребованы балочные конструкции из LVL, которые используются в жилищном малоэтажном домостроении, в реконструкции перекрытий старого жилого фонда, усилении деревянных конструкций, надстройке мансардных этажей.

Отсутствие информации о долговечности LVL-бруса является одним из факторов сдерживающим его применение в строительстве. Основное влияние на долговечность несущих конструкций оказывает уменьшение во времени сопротивления поперечного сечения элементов деревянных конструкций при действии длительной нагрузки и накопление повреждений при воздействии окружающей среды.

Остаточный ресурс является одним из параметров долговечности, позволяющий корректно прогнозировать срок службы с учетом деградации свойств несущих деревянных конструкций во времени, а также необходимые материальные ресурсы для проведения ремонта, или обосновать целесообразность постройки

нового здания или сооружения для замены действующего. Следует отметить, что вопрос количественной оценки и обоснования остаточного ресурса остается недостаточно изученным, отсутствует методика для деревянных конструкций.

Предлагаемые в данной работе методы расчета остаточного ресурса с учетом факторов накопления повреждений и снижение прочности во времени, на примере балочных LVL-конструкций, позволяют оптимизировать конструктивные параметры и определять их срок службы до полного исчерпания несущей способности.

Степень разработанности темы исследования. В области теории и практики расчета остаточного ресурса строительных конструкций зданий и сооружений работали российские ученые Шмелев Г.Д., Добромыслов А.Н., Адаменко И.А., Самолинов Н.А., Голубев К.В., Шестакова Е.А., Миронов Д.А., Долгополов В. В., Клисенко Л.Б., Белый Г.И. и др. Предложенные методы определения срока службы и остаточного ресурса деревянных конструкций можно условно разделить на две большие группы. Первая, связана с прогнозированием сроков службы по деградации прочностных свойств, вторая – по величине физического износа. Недостатком этих методов является то, что они не позволяют оценить совместное влияния физического износа и деградации прочностных свойств деревянных конструкций на срок службы и остаточный ресурс.

Оценки физического износа строительных конструкций посвящены работы Горшкова А.С., Соколова В.А., Белых А.В., Хайруллина В.А., Салова А.С., Яковлевой Л.А., Валишиной В.В., Васильева А.А., Алексеевой Е.Л., Хлесткина А.Ю., Мищенко В.Я., Головинского П.А., Драпалюка Д.А., Гордеевой О.Г., Шмелева Г.Д., Ибрагимова А.М., Цуканов В.Н. Варфоломеев А.Ю. и др.

Разработке методов расчета надежности элементов строительных конструкций посвящено множество работ российских и зарубежных ученых. Исследования в данной области проводили Болотин В.В., Гарагаш А.М., Гнеденко В.Д., Кудзис А.П., Лычев А.С, Половко Б.В., Райзер В.Д., Ржаницын А.Р., Стрелецкий Н.С., Тамразян А.Г., Уткин В.С., Уткин Л.В., Юделевич А.М., Шульман Г.С., Чирков В.П., а также зарубежные исследователи Аугусти Г., Aven

Т., Шпете Г., Beer M., Баратта А., Melchers R.E., Li H., Кашиати Ф., Jiang C., Tonon F., Walley P., Zhang J. и другие.

Изучением влияния длительности действия нагрузки на конструкции, выполненные из материалов на основе древесины, занимались ученые: Белянкин Ф.П., Леонтьев Н.Л., Хрулев В.М., Иванов Ю.М., Леннов В.Г., Леонтьев Н.Л., Славик Ю.Ю., Уголев Б.П., Квасников Е.Н., Ярцев В.И., Коцегубов В.П., Стрельцов Д.Ю., Кистерная М.В., Орлович Р.Б., Найчук А.Я., Рощина С.И., Сашин М.А., Васильев А.Ю., Погорельцев А.А., Д.А. Животов, В.А. Цепаев, А.Г. Черных, А.Б. Шмидт, П.С. Коваль, Е.В. Данилов, Чан Куок Фонг, Сюй Юнь и др. Работы данных исследователей основаны на использовании положений кинетической теории прочности, которую разрабатывали С.Н. Журков, С.Б. Ратнер, Г.М. Бартенев, В.Е. Гуль, В.Р. Регель, В.А. Степанов, А.И. Слуцкер, Э.Е. Томашевский, Gerhards C.C., Barrett J.D., Foschi R.O., Folz B.R., Yao F.Z., Wang B. и др.

Цель диссертационного исследования.

Развитие методов расчета остаточного ресурса и сроков службы балочных конструкций из LVL с учетом длительности действия нагрузки и физического износа.

Для достижение поставленной цели необходимо было решить следующие **задачи**:

1. Выполнить системный анализ отечественных и зарубежных литературных источников, результатов научных исследований по проблеме расчета остаточного ресурса и срока службы строительных конструкций, учета влияния длительности действия нагрузки и физического износа;

2. Провести теоретические исследования аналитических зависимостей остаточного ресурса от факторов деградации прочностных свойств и физического износа для прогнозирования остаточного ресурса и сроков службы балочных конструкций LVL.

3. Разработать методические положения для проведения и обработке экспериментальных исследований по определению длительной прочности LVL;

4. Разработать экспериментальную установку и провести исследования по верификации ускоренного метода определения длительной прочности LVL при растяжении под различными углами наклона волокон;

5. Разработать алгоритм оценки остаточного ресурса и сроков службы на примере проектирования новых и находящихся в эксплуатации несущих конструкций.

Объект исследования – изгибаемые балочные конструкции из LVL при длительном действии нагрузки.

Предмет исследования – остаточный ресурс и срок службы балочных конструкций из LVL.

Методология и методы исследования. Методологической и теоретической базой для исследования явились основные положения теории надежности, термофлуктуационной теории разрушения твердых тел, длительной прочности, а также существующие методы определения срока службы и остаточного ресурса. При этом широко использовались как эмпирические, так и универсальные методы научного познания: измерение, эксперимент, наблюдение, моделирование и др. Выдвинута научная гипотеза, для подтверждения или опровержения которой применены все перечисленные наборы научного познания. Основные результаты диссертационной работы получены в результате теоретических исследований и проведения экспериментальных исследований.

Область исследования соответствует паспорту научной специальности шифр 2.1.1. Строительные конструкции, здания и сооружения, а именно пункту 3 «Развитие теории и методов оценки напряжённого состояния, живучести, риска, надёжности, остаточного ресурса и сроков службы строительных конструкций, зданий и сооружений, в том числе при чрезвычайных ситуациях, особых и запроектных воздействиях, обоснование критериев приемлемого уровня безопасности».

Научная гипотеза: срок службы и остаточный ресурс деревянных конструкций определяется совместным влиянием на несущую способность

деградации прочностных свойств материала и накопления повреждений в элементах при эксплуатационных воздействиях.

Научная новизна работы состоит в:

1. установлении зависимости длительной прочности однонаправленного клееного шпона от продолжительности действия при растяжении постоянной нагрузки для разных углов наклона к направлению волокон древесины;
2. разработке метода определения относительной надежности несущих конструкций из материалов на основе древесины с учетом деградации прочностных свойств;
3. усовершенствовании метода гамма-процентного ресурса путем построения математической зависимости относительной надежности деревянных конструкций от физического износа;
4. разработке метода прогнозирования остаточного ресурса и сроков службы балочных конструкций из однонаправленного клееного шпона с учетом изменения прочностных свойств во времени.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке временных зависимостей для прогнозирования срока службы и остаточного ресурса с учетом длительной прочности и физического износа несущих деревянных конструкций.

Практическая значимость работы состоит в создании алгоритма оценки остаточного ресурса и сроков службы для вновь возводимых и находящихся в эксплуатации несущих деревянных конструкций.

Апробация результатов исследования.

Результаты работы докладывались на 5 научных конференциях. Основные положения диссертационного исследования были доложены на:

- XI международной научно-практической конференции «Инновации в деревянном строительстве», Санкт-Петербург, 2021 г.;
- международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедр железобетонных и каменных конструкций, конструкций из дерева и пластмасс, металлических конструкций и испытаний сооружений. Дата проведения, Санкт-Петербург, 2021 г.;

– научной конференции - XIII Академические чтения, посвященные памяти академика РААСН Осипова Г.Л. «Актуальные вопросы строительной физики. Энергосбережение. Надежность строительных конструкций и экологическая безопасность», Москва, 2022 г.;

– LXXV научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Актуальные проблемы современного строительства», Санкт-Петербург, 2022 г.;

– XII международной научно-практической конференции «Инновации в деревянном строительстве», Санкт-Петербург, 2023 г.

В 2020 году результаты диссертационного исследования были отмечены дипломом победителя конкурса грантов для студентов вузов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, аспирантов вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга.

Публикация по теме исследования.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 10 научных работах, в том числе 5 в рецензируемых изданиях из перечня, размещенного на официальном сайте ВАК, 1 публикаций, индексируемые в международных базах Scopus и Web of Science, и в двух монографиях.

Внедрение результатов работы. Материалы диссертационного исследования использованы при разработке учебной дисциплины «Методы определения надежности, длительной прочности и сроков службы металлических и деревянных конструкций» по направлению подготовки/специальность 08.04.01 «Строительство» в ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет».

Положения, выносимые на защиту:

1. Метод прогнозирования остаточного ресурса и срока службы несущих деревянных конструкций с использованием функции Лапласа и гамма-процентного ресурса.

2. Ускоренный метод определения длительной прочности при растяжении LVL.

3. Результаты экспериментальных исследований по определению зависимости прочности LVL от времени действия постоянной нагрузки при растяжении.

4. Алгоритм оценки остаточного ресурса и сроков службы вновь проектируемых и находящихся в эксплуатации несущих деревянных конструкций из LVL.

Степень достоверности результатов обеспечивается использованием общепринятых гипотез и допущений, применением сертифицированных расчетных программных комплексов, использованием поверенного измерительного оборудования, удовлетворительной сходимостью результатов экспериментальных и теоретических исследований.

Структура и объем работы:

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 205 наименований, приложений. Работа изложена на 277 страницах машинописного текста, включает 44 таблицы, 48 рисунков.

Работа выполнена при Федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (ФГБОУ ВО СПбГАСУ).

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И СРОКОВ СЛУЖБЫ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ОДНОНАПРАВЛЕННОГО КЛЕЕНОГО ШПОНА

К настоящему времени накоплено и проанализировано большое количество экспериментальных данных по длительной прочности древесины и древесных пластиков [1-45]. Проведены исследования по работоспособности клееных деревянных конструкций во времени [46-51]. Однако несмотря на обширный объем сведений наблюдается недостаток информации о прочности и долговечности многослойного клееного бруса из шпона, что является одним из факторов сдерживающим его широкое применение. Особенно остро стоит проблема оценки прочности LVL при действии силы под углом к волокнам. Это связано с тем, что прочность самого материала при увеличении угла наклона волокон существенно снижается. Также следует отметить, что в настоящий момент времени не разработано методов определения сроков службы деревянных конструкций, которые бы учитывали совместное влияние деградацию прочностных свойств и величины физического износа.

В связи с этим для достижения поставленной цели и решения выдвинутых теоретических, методических и экспериментальных задач по теме диссертационного исследования в данной главе были:

- рассмотрены основные конструктивные решения балочных конструкций, выполненных из LVL, а также физико-механические свойства однонаправленного клееного шпона, которые могут влиять на его долговечность,
- проанализированы методы определения сроков службы и остаточного ресурса вновь возводимых и находящихся в эксплуатации деревянных конструкций.

1.1 Балочные конструкции из однонаправленного клееного шпона. Факторы влияния на долговечность.

В строительстве все реже используется цельный массив дерева. Его место занимают композиты, созданные из натурального сырья с применением клея. Широкие возможности применения, архитектурная выразительности, экологическая безопасность, высокие технико-экономические показатели позволяют клееным деревянным конструкциям завоевывать все большее внимание. Преимуществами таких конструкций являются: возможность перекрытия больших пролетов при низкой удельной массе, удобство транспортировки и монтажа. Положительные стороны использования клееных деревянных конструкций высоко оценили при строительстве гражданских зданий в Европе. Отдельного внимания заслуживают архитектурно-выразительные пространственные плоскостные конструкции [52, 53].

Разработка и внедрение деревянных пространственных конструкций (оболочки, складки, купола, структура и т.п.) из клееной древесины приобретают большое значение в повышении эффективности используемых материалов. Применение современных клееных деревянных конструкционных материалов (CLT, LVL, GLT, PSL и др.) позволило увеличить высоту зданий до 18 этажей и выше. Пространственные конструкции являются во многих случаях одновременно несущими, ими можно перекрывать большие пролеты [54].

Балочные конструкции из LVL находят все более широкое применение в малоэтажном домостроении (см. рис. 1.1 и 1.2).



Рисунок 1.1 – Балки из LVL при устройстве междуэтажного перекрытия



Рисунок 1.2 – Балки из LVL при устройстве стропильной системы (фото с официального сайта ООО «Невские конструкции»)

Также данные балки стали чаще использовать при выполнении работ по усилению плит перекрытия и покрытия при капитальном ремонте или реконструкции зданий и сооружений. Это связано с высокой технологичностью монтажа данных конструкций, поскольку, обладая небольшим весом и высокой

прочностью, они не требуют применения специального грузоподъемного оборудования, а также устройства промежуточных опор, что существенно сокращает материально-технические затраты.

Возросший спрос на такие конструкции стимулирует исследователей на поиск новых конструктивных решений [55]. Так, например, в СПбГАСУ разработана балка составного сечения, содержащая пояса, выполненные из LVL-бруса с параллельным расположением волокон, которые соединены с вертикальной стенкой, выполненной из LVL-плиты со взаимно перпендикулярным расположением волокон шпона, посредством винтов-саморезов под углом к волокнам в соответствии с полями главных растягивающих внутренних усилий [56] (см. рис. 1.3-1.4).

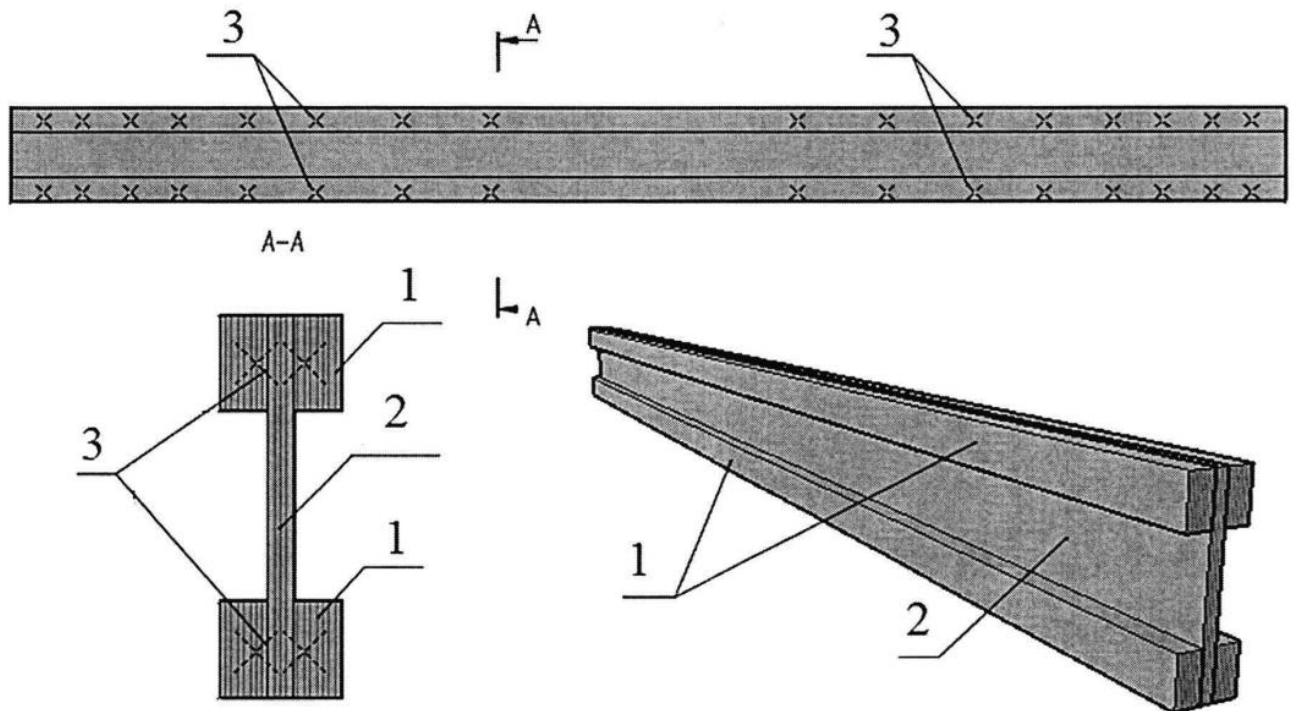


Рисунок 1.3 – Балки из LVL двутаврового сечения [56]

1 – пояса, 2 – стенка; 3 – винты-саморезы

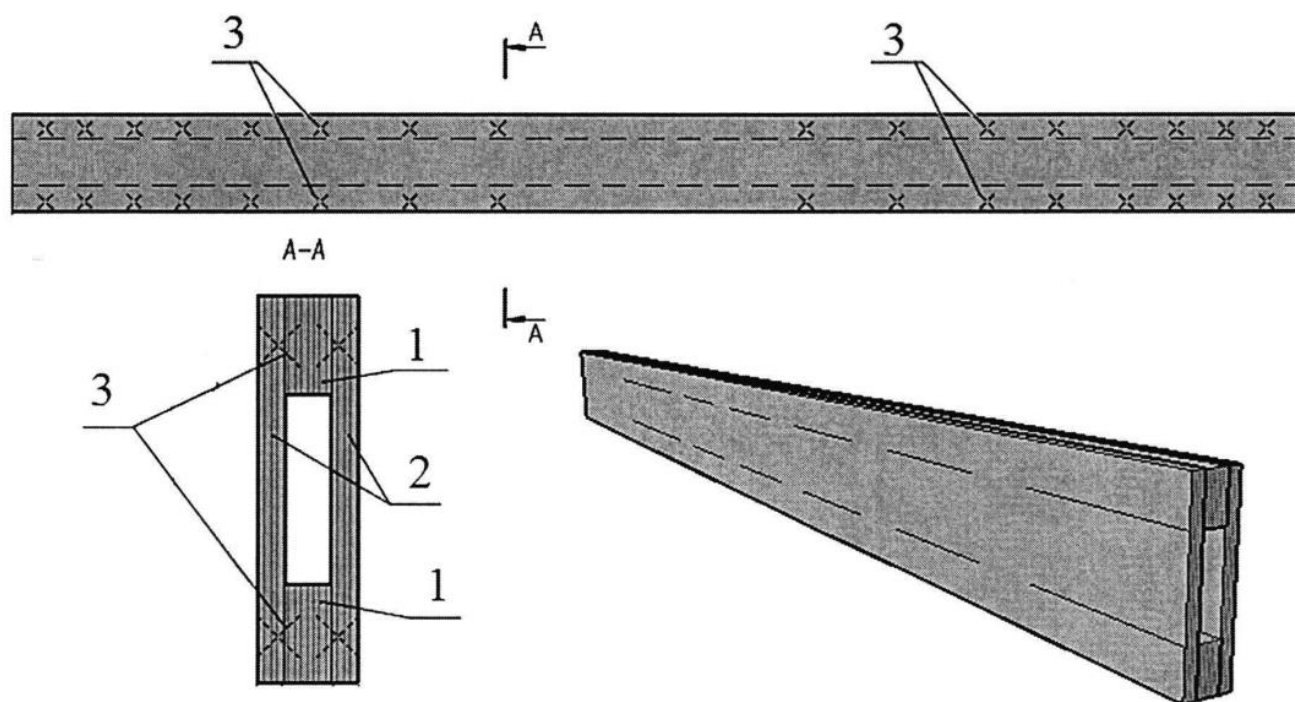


Рисунок 1.4 – Балки из LVL коробчатого сечения [56]

Тем не менее несмотря на перспективность применение подобного исполнения балки, отсутствие достаточного количества информации о поведении однонаправленного клееного шпона во времени является одним из существенных факторов, сдерживающих ее широкое внедрение.

Отдельно следует отметить, что все большее распространение получают комбинированные конструкции, выполненные из разных материалов. Например, для балок двутаврового сечения характерно применение в качестве поясов цельной или клееной древесины, однонаправленного LVL [57], в качестве стенки – фанеры с вертикальным или горизонтальным направлением волокон во внешних слоях [58], ОСП и перекрестно-клееного LVL (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Конструкция тонкостенных деревянных балок со стенкой из ОСП и поясами из LVL

Перспективным решением для покрытий и перекрытий представляется применение балок с волнистой фанерной стенкой [59-63]. В этом случае не требуется постановка ребер жесткости, а устойчивость стенки обеспечивается ее формой в плане. Для клеефанерных балок данного типа могут применяться различные конструктивные решения соединения пояса и стенки [57]:

- с синусоидальными пазами клиновидного сечения (рисунок 1.6, а);
- с прямолинейными пазами (рисунок 1.6, б);
- со сквозным пропуском стенки через волнообразно распиленные пояса (рисунок 1.6, в).

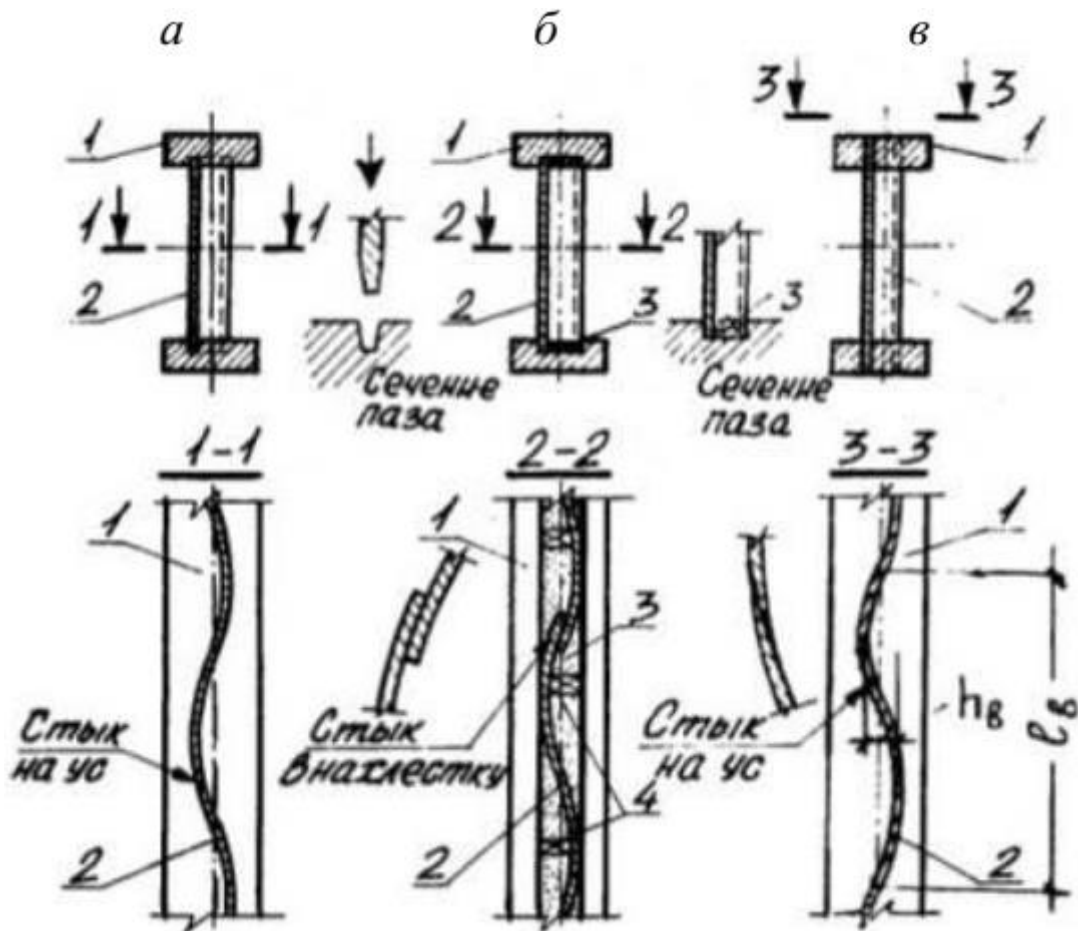


Рисунок 1.6 – Конструкция балок с волнистой стенкой: а – с пазами клиновидного сечения; б – с прямолинейными пазами; в – со сквозной стенкой; 1 – полки; 2 – стенка; 3 – мастика; 4 – бобышки-фиксаторы

Также все более широкое применение получают металлодеревянные балки (рис. 1.7). Балки данной конструкции известны под названием HTS и Nail-Web [64]. Стенка двутавра изготавливается из гофрированного стального листа, пояса – из древесины, а в последние годы существуют решения с применением LVL. Гофры могут быть прямоугольной, треугольной, трапециевидальной, полуцилиндрической (волнистой, синусоидальной и т.д.) формы [65-67]. Направление профиля – вертикальное (перпендикулярное оси балки). Соединение поясов и стенки между собой выполняется путем запрессовки в волокнистую ткань древесины поясов металлических зубьев, представляющих собой выступающие части стенки [64, 68, 69].



Рисунок 1.7 – Балка двутавровая деревянно-металлическая с поясами из LVL

Востребованность таких балок способствовало увеличению числа теоретических и экспериментальных работ направленных на определение основных физико-механических характеристик, построения теоретических и численных моделей напряженно-деформированного состояния [67-71]. Однако, исследований посвященных оценки влияния продолжительности действия нагрузки во времени на данные конструкции практически нет. Поэтому выявление зависимостей длительной прочности однонаправленного клееного шпона является важной частью для решения в дальнейшем данной проблемы.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что широкое внедрение балочных конструкций из LVL, применение новых конструктивных решений в виде комбинированных конструкций требует проведение научных исследований в плане обеспечения надежности и долговечности при длительном действии нагрузки.

LVL является композитным материалом состоящего из нескольких компонентов: соснового или березового шпона толщиной 3,1-3,3 мм с различной плотностью (в т.ч. изготавливаются типы LVL со смешанным применением сосны

и березы [72]); клея фенолоформальдегидного. Толщина слоя древесного шпона, пропитанного клеем, различна по длине шва и может достигать на локальных участках 15-20% от общей толщины листа, составляя в среднем около 7-10% [73].

Кроме того, важной особенностью структуры материала является отсутствие сплошности слоев, вызванное растрескиванием шпона при лущении. В пределах одного слоя микротрещины могут составлять до 5% толщины. При изменении температурно-влажностных условий, происходит рост длины трещин, особенно – во внешних слоях шпона. Степень влияния технологических дефектов в виде трещин по-разному сказывается на снижении прочности LVL во времени при различных видах напряженного состояния. Особенно существенным образом это сказывается на прочности LVL при растяжении поперек и скалывании вдоль как при кратковременном, так и длительном действии напряжений.

Наибольшая прочность LVL наблюдается при сжатии и растяжении в направлении параллельном волокнам, при воздействии, перпендикулярно волокнам, он имеет кратно меньшую прочность (см. рис. 1.8).

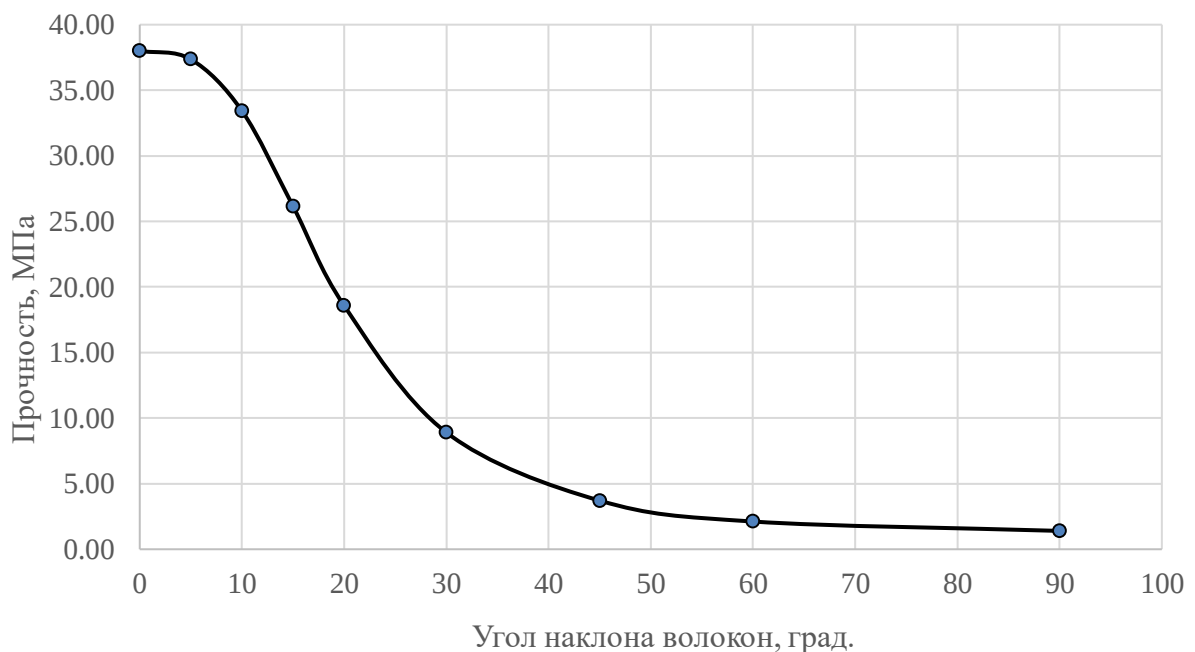


Рисунок 1.8 – Изменение прочности LVL в зависимости от угла наклона волокон

Поэтому данное обстоятельство следует учитывать при проектировании конструкций, особенно соединений, вырезов и отверстий, которые значительно

уменьшают сопротивляемость элемента конструкции из LVL разрушению при отклонении направления действия усилия от продольного направления волокон.

Отверстия также существенно влияют на прочность и жесткость деревянных балок [74-84]. Вокруг отверстий возникает растягивающее напряжение, перпендикулярное волокну при действии изгибающего момента и чистом сдвиге. Из-за этого LVL обладает низкой прочностью на разрыв, что может привести к образованию трещин. Возможны и другие виды разрушения, такие как разрушение балки по краю отверстия.

В руководстве [85] представлены коэффициенты снижения прочности для различных углов распила по отношению к направлению волокон лицевого шпона (таблицы 1.1).

Таблица 1.1 – Коэффициенты снижения прочности и жесткости для Kerto-Q, когда элемент распилен под углом α по отношению к направлению волокон лицевого шпона [86]

Характеристика	Угол α относительно направления волокон, град.								
	0	2,5	5	10	15	30	45	60	90
Изгиб в плоскости слоев шпона	1,0	0,9	0,75	0,55	0,4	0,25	0,2	0,2	0,22
Изгиб из плоскости слоев шпона	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,25	0,2	0,2	0,22
Растяжение вдоль волокон	1,0	1,0	0,9	0,7	0,4	0,25	0,2	0,2	0,23
Сжатие вдоль волокон	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,35	0,25	0,25	0,35

Коэффициенты для Kerto-Q, при действии силы под углом к направлению волокон наружного листа, представленные в СТО 45484225-001-2014 [86], практически идентичны руководству [85], за исключением действия при растяжении вдоль волокон (0,3 – при угле 15° , 0,2 – при угле 30° , 0,15 при углах 45° - 60°).

Прочность LVL в зависимости от угла наклона волокон, согласно СП 64.13330 [87] по формуле:

$$R_{расч} = \frac{R_{p,0}^H}{1 + \left(\frac{R_{p,0}^H}{R_{p,90}^H} - 1 \right) \cdot \sin^3 \alpha}, \quad (1.1)$$

$R_{p,0}^H$ – значение прочности при угле наклона волокон 0° , МПа;

$R_{p,90}^H$ – значение прочности при угле наклона волокон 90° , МПа;

α – угол наклона волокон, град.

Анализируя данные из таблицы 1.1 и уравнение (1.1) можно сделать вывод о том, что имеющиеся на сегодняшний день сведения о прочности LVL при действии силы под углом к волокнам весьма противоречивы и недостаточны.

Толщина элемента также оказывает влияние на значение прочности. В руководстве [85] и СТО 45484225-001-2014 [86] для перекрестно-клееного LVL финской торговой марки Kerto-Q, представлены сведения значениях прочности для толщин 21-24 и 27-75 мм. Так, предел прочности при растяжении вдоль волокон для указанных диапазонов составляет 19,0 и 26, 0 МПа соответственно, для изгиба вдоль волокон из плоскости слоев шпона – 32,0 и 36,0 МПа. В отечественных стандартах [72, 87, 88] приведены данные о прочностных показателях LVL без указания для каких именно толщин справедливы указанные сведения. Для LVL типа 1 подобные сведения отсутствуют, что требует проведения экспериментальных исследований.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что влияние толщины элемента (масштабного фактора) на механические характеристики исследовано недостаточно. Данное обстоятельство также может иметь существенно значение при определении длительной прочности LVL.

Подтверждение этому можно найти в исследованиях, которые проводились АО «НИЦ «Строительство» [89], и СПбГАСУ [73].

В результате значения $\lg t$ при $\sigma = 0$, были определены следующие:

- 1) при изгибе при толщине 90 мм - $Lg A = 23,0$;
- 2) при сжатии вдоль волокон:
 - для образцов толщиной 30 мм $Lg A_1 = 13,73$;
 - для образцов толщиной 75 мм $Lg A_2 = 20,59$.
- 3) при сжатии поперек волокон:
 - для образцов толщиной 30 мм $Lg A_1 = 14,00$;
 - для образцов толщиной 75 мм $Lg A_2 = 15,18$.

Полученное таким образом значение $\lg A$ существенно отличалось от того, что принято для конструкций, выполненных из материалов на основе древесины ($\lg A = 17,1$) для разных видов напряженно-деформированного состояния.

На основании вышеизложенного можно отметить недостаточность сведений о влиянии масштабного фактора и угла наклона действия силы к волокнам древесины многослойного клееного бруса на прочностные свойства при действии кратковременных и длительных нагрузок. Данное обстоятельство требует дополнительных исследований при определении длительной прочности LVL.

1.2 Анализ методов определения остаточного ресурса строительных конструкций с учетом длительной прочности и физического износа

1.2.1 Методы определения срока службы и остаточного ресурса строительных конструкций по величине физического износа

При проведении обследования зданий и сооружений важно определить не только то в каком техническом состоянии находятся строительные конструкции в текущий момент, но и оценить сколько еще они могут эксплуатироваться.

На сегодня разработаны различные методы определения остаточного ресурса и срока службы конструкций, находящихся в эксплуатации, с использованием величины физического износа. Ниже представлен краткий анализ наиболее распространенных из них.

1) Оценка остаточного ресурса по критерию предельного физического износа [90]

Остаточный ресурс равен:

$$T_{\text{ост}} = T - t_{\text{фак}}, \quad (1.2)$$

$t_{\text{фак}}$ – фактический срок эксплуатации.

Предельный срок службы T определяется по формуле:

$$T = \frac{\ln(U_{\text{кр}} + 1) \cdot (t_{\text{обсл}} - t)}{\ln(U_{\text{обсл}} + 1)} + t, \quad (1.3)$$

$U_{\text{кр}}$ – критический износ, при котором прекращается эксплуатация;

$U_{\text{обсл}}$ – реальный износ, зафиксированный на момент обследования;

$t_{\text{обсл}}$ – срок эксплуатации на момент обследования;

t – срок «приработки» (в годах), т.е. начальный период эксплуатации, когда износа еще нет.

Применение данного метода сопряжено с рядом проблем.

Первая, заключается в назначении предельной величины физического износа. В разных документах и исследованиях приводятся разные значения предельного износа для аварийного состояния. Вторая проблема состоит в том, что может быть неизвестен срок службы, когда износа еще нет. Это особенно актуально для новых строительных конструкций, поскольку могут отсутствовать статистические данные ввиду того, что не проводится обследования и мониторинг технического состояния. Таким образом, использование указанного метода для конструкций из LVL на сегодня нецелесообразно.

2) Метод определения гамма-процентного остаточного ресурса [91]

Гамма-процентный остаточный ресурс (Т) равен:

$$T = \frac{2 \cdot m_{s(h)} \cdot \bar{V}_s - \sqrt{4 \cdot m_{s(h)}^2 \cdot \bar{V}_s^2 - 4(\bar{V}_s^2 - \beta_s^2(t) \cdot \sigma_{V_s}^2)(m_{s(h)}^2 - \beta_s^2(t) \cdot \sigma_{m_{s(h)}}^2)}}{2(\bar{V}_s^2 - \beta_s^2(t) \cdot \sigma_{V_s}^2)} \quad (1.4)$$

$\bar{V}_s$ – средний годовой износ; $m_{s(h)}$ – ожидание износа первого исследования (осмотра, освидетельствования); σ_{V_s} – стандартная скорость износа, год⁻¹; $\beta_s(t)$ – показатель надежности распределения А.Р. Ржаницына по времени. Все величины, кроме скорости износа, безразмерные.

Основная сложность в применении данного метода состоит в том, что необходимо иметь уже известную зависимость для определения скорости и среднего значения износа. Применительно к конструкциям из цельной древесины подобные уравнения имеются [92-96]. Однако для новых материалов, как например LVL, такие зависимости практически неизвестны поэтому использовать такой метод не представляется возможным.

3) Определение остаточного ресурса по величине физического износа и стоимости ущерба [97]

$$T = \frac{(L_c - 0,75) \cdot 100\%}{\frac{\ln L}{t} + \frac{100}{T_n}}, \quad (1.5)$$

где t – срок службы конструкции в годах на момент осмотра;

T_n – заданный срок службы здания или сооружения.

$$L_c = 1 - \frac{\sum_{j=1}^m E_{kj} \cdot Y_j}{\sum_{j=1}^m Y_j}, \quad (1.6)$$

Y_j – коэффициенты значимости вклада j -х типов конструкций в общий износ системы;

m – общее количество типов конструкций в системе.

Физический износ конструкции системы рассчитывается следующим образом:

$$E_{kj} = \sum_{i=1}^n E_i \cdot \frac{P_i}{P_k}, \quad (1.7)$$

E_i – физический износ части конструкции; P_i – размеры (длина или площадь) пораженного участка, измеряется в м или m^2 ; P_k – размеры всей конструкции также в м или m^2 ; n – количество пораженных участков.

Относительная надежность конструкции (L) равна:

$$L = \frac{k}{k_m \cdot k_c \cdot k_f \cdot k_n}, \quad (1.8)$$

где k – фактический коэффициент безопасности (надежности), скорректированный с учетом данного ущерба; k_m – коэффициент надежности по прочности материала; k_f – коэффициент надежности по нагрузке; k_c – коэффициент надежности по условиям работы; k_n – коэффициент надежности по назначению.

Недостатком данного метода можно считать то, что определение относительной надежности строится на величине стоимости восстановительных работ, т.е. ущерба, которая не является постоянной и может меняться как в

большую, так и в меньшую сторону. Поэтому этот метод не может использоваться в качестве надежного средства для прогнозирования остаточного ресурса.

4) *Оценка остаточного ресурса в зависимости от накопленного износа [98]*

Остаточный ресурс определяется по формуле:

$$T = \frac{\alpha \cdot \gamma_H^2 \cdot (V_1^2 \cdot \psi_{cr}^2 + V_2^2 \cdot \psi_t^2)}{k^2 \cdot c - \gamma_H^2 \cdot (V_1^2 \cdot \psi_{cr}^2 + V_2^2 \cdot \psi_t^2)}, \quad (1.9)$$

При $V_1 = V_2$

$$T = \frac{\alpha \cdot \gamma_H^2 \cdot V^2 \cdot (\psi_{cr}^2 + \psi_t^2)}{k^2 \cdot c - \gamma_H^2 \cdot V^2 \cdot (\psi_{cr}^2 + \psi_t^2)}, \quad (1.10)$$

Остаточный ресурс с учетом прогибов равен:

$$T = \frac{\alpha_f \cdot \gamma_H \cdot \sqrt{V_1^2 \cdot \psi_{cr}^2 + V_2^2 \cdot \psi_t^2}}{C_f - \gamma_H \cdot \sqrt{V_1^2 \cdot \psi_{cr}^2 + V_2^2 \cdot \psi_t^2}}, \quad (1.11)$$

При $V_1 = V_2$

$$T = \frac{\alpha_f \cdot \gamma_H \cdot V \cdot \sqrt{\psi_{cr}^2 + \psi_t^2}}{C_f - \gamma_H \cdot V \cdot \sqrt{\psi_{cr}^2 + \psi_t^2}} \quad (1.12)$$

Остаточный ресурс с учетом деградации:

$$T = T_{res} \cdot \frac{1}{N_{cr}} \cdot \left[1 - \frac{\psi_{cr} - \gamma_H \cdot \sqrt{V_1^2 \cdot \psi_{cr}^2 + V_2^2 \cdot \psi_t^2}}{\alpha_k} \right]^{-1/\alpha}, \quad (1.13)$$

где ψ_{cr} – математическое ожидание предельной величины меры накопления износа; ψ_t – математическое ожидание меры накопления износа, установленное в процессе технической диагностики; V_1 и V_2 – коэффициенты вариации распределений соответственно ψ_{cr} и ψ_t ; γ_H – нормативное значение характеристики безопасности, определяемое в зависимости от уровня надежности [98].

Сложность использования данного метода, как и при расчете гамма-процентного остаточного ресурса [91], заключается в том, что необходимо иметь зависимость накопления износа во времени. Связи с этим его применение также не целесообразно.

5) Экспертный метод прогнозирования остаточного ресурса по нелинейной модели развития физического износа [99]

Остаточный ресурс вычисляется по формуле:

$$T = \frac{t \cdot (F + e^{m \cdot f})}{e^{m \cdot f} - 1}, \quad (1.14)$$

t – текущее время эксплуатации;

F – предельное значение физического износа;

f – физический износ строительных конструкций в момент времени t ;

m – коэффициент, характеризующий форму кривой. Значение параметра m при 70% и 80% значении предельного физического износа [99]:

$$m = 0,014 \cdot \ln T + 0,082 \quad (1.15)$$

$$m = 0,012 \cdot \ln T + 0,073 \quad (1.16)$$

Графическое представление уравнений (1.15) и (1.16) представлено на рисунке 1.9.

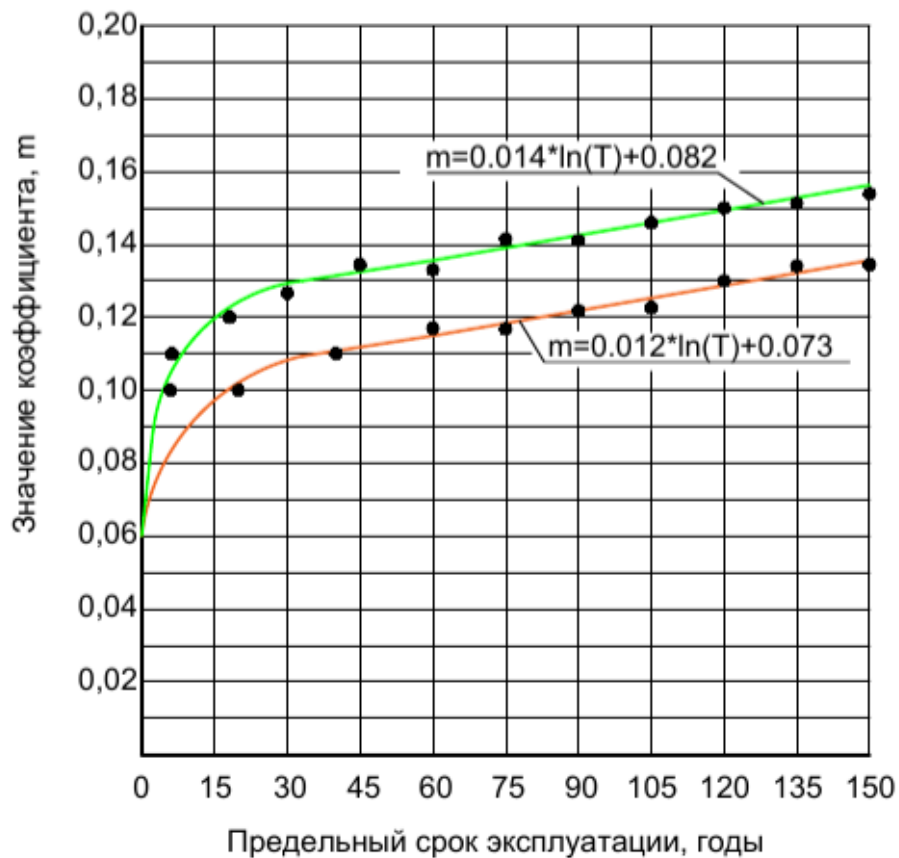


Рисунок 1.9 – Зависимость коэффициента m от предельного значения физического износа F и предельного срока службы конструкции T

Особенность расчета состоит в том, что ответ получается после итерационного исчисления по зависимостям (1.14-1.16), которые строятся для каждого значения физического износа на основе статистических данных. Поскольку для конструкций из новых материалов, такая информация может отсутствовать, то использование приведенной зависимости (1.14) невозможно.

Отдельно проанализируем выполнение *расчета срока службы и остаточного ресурса по экспоненциальному распределению (метод б)*. В отличие от ранее рассмотренных в данном методе используют такую величину как повреждаемость, которую можно интерпретировать как показатель отказа конструкции на основе накопления повреждений.

В этом случае остаточный ресурс определяется по формуле:

$$T_{\text{ост}} = T - t_{\text{фак}}, \quad (1.17)$$

где $t_{\text{фак}}$ – фактический срок эксплуатации объекта, лет;

Предельный срок службы до капитального ремонта T определяется:

$$T = \frac{k}{\lambda}, \quad (1.18)$$

Показатель $k = \ln y_{\min}$ равен [100]:

– 0,162 при $y_{\min} = 0,85$ (для ограниченно-работоспособного состояния);

– 0,22 при $y_{\min} = 0,80$ (для аварийного состояния).

λ – постоянная физического износа.

Здесь:

$$\lambda = \frac{-\ln \gamma}{t_{\phi}}, \quad (1.19)$$

где t_{ϕ} – срок эксплуатации в годах на момент обследования;

γ – относительная надежность, определяемая по формуле:

$$\gamma = 1 - \varepsilon, \quad (1.20)$$

где величина ε – повреждаемость здания, отн. ед.

Повреждаемость здания определяется [101]:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \cdot \varepsilon_1 + \alpha_2 \cdot \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \cdot \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_1 + \dots + \alpha_i}, \quad (1.21)$$

Метод расчета остаточного ресурса с применением экспоненциального распределения теоретически позволяет рассматривать различные конструкции по отдельности. В этом случае влияние на техническое состояние объекта в целом оказывает только одна конструкция, величины повреждаемости остальных элементов сооружения принимаются равными нулю. Повреждаемость исследуемой конструкции назначается специалистом по результатам визуального обследования эмпирически на основе своего опыта, знаний и собственной оценки ее технического состояния. С одной стороны это значительно упрощает расчет, но с другой – в него вносится субъективный фактор.

Недостаток применение такого подхода заключается в том, что в данном случае не учитывается влияние конкретной величины физического износа на предельный срок службы. Это может привести к неверным результатам при определении остаточного ресурса. Например, если при периодическом обследовании раз в 5 лет фиксируется увеличение физического износа на 1% и назначается категория технического состояния как работоспособная, то согласно Методике [100] величина предельного срока службы, наоборот, увеличивалась бы с каждым периодом обследованием.

Также особый интерес представляет *модифицированный метод с применением экспоненциального распределения* [102], который является дальнейшим развитием описанной выше Методики [100, 101] (метод 7). Особенность его применения заключается в том, что здесь вместо относительной надежности используется коэффициент относительного запаса несущей способности. Постоянная физического износа определяется аналогичным образом.

Формула (1.18) в этом случае примет следующий вид:

$$T = \frac{-\ln \omega}{\lambda}, \quad (1.22)$$

Коэффициент относительного запаса несущей способности для здания (сооружения) в целом является приведенным [102]. В расчет берутся только несущие конструкции:

$$\omega = \frac{\sum \Delta N_I \cdot A_{vI} + \sum \Delta M_I \cdot A_{gI} + \sum \Delta Q_I \cdot A_{gI}}{\sum A_{vI} + 2 \cdot \sum A_{gI}}, \quad (1.23)$$

где ΔN_I – запас несущей способности i -го вертикального элемента (колонна, столб, стойка и т. д.) на действие вертикальной силы [102]:

$$\Delta N_I = N_{pi} - N_{ui}, \quad (1.24)$$

где N_{pi} – проектная несущая способность вертикального элемента на действие вертикальной силы; N_{ui} – продольное усилие, приложенное к вертикальному элементу; A_{vI} – площадь обрушения, которую вызовет авария i -го вертикального элемента; ΔM_I – запас несущей способности на действие изгибающего момента i -го горизонтального элемента (ригели, фермы, плиты и т. д.) [102]:

$$\Delta M_I = M_{pi} - M_{ui}, \quad (1.25)$$

где M_{pi} – проектная несущая способность горизонтального элемента на действие момента; M_{ui} – изгибающий момент, действующий в сечении горизонтального элемента; ΔQ_I – запас несущей способности на действие перерезывающей силы i -го горизонтального элемента (ригеля, фермы, плиты и т. д.) [102]:

$$\Delta Q_I = Q_{pi} - Q_{ui}, \quad (1.26)$$

где Q_{pi} – проектная несущая способность горизонтального элемента на действие перерезывающей силы; Q_{ui} – перерезывающая сила, действующая у опор горизонтального элемента; A_{gI} – площадь обрушения, которую вызовет авария i -го горизонтального элемента [102].

Запасы несущей способности на действие изгибающего момента и перерезывающей силы определяются при проведении поверочных расчетов конструкций на действующие нагрузки.

Если необходимо определить величину остаточного ресурса здания с момента обследования, то в формулы (1.23)–(1.26) вместо величин проектной

несущей способности конструкций N_{pi} , M_{pi} , Q_{pi} следует подставлять значения фактической несущей способности конструкций N_{fi} , M_{fi} , Q_{fi} , определенные по результатам поверочных расчетов на основании данных обследования технического состояния с учетом всех нарушений (дефектов и повреждений).

Несмотря на то, что формула (1.23) включает в себя как силовые факторы, так и значение износа определенного по результатам визуального обследования, данный метод нельзя рассматривать как решение поставленной проблемы совместного учета деградации прочностных свойств и физического износа при определении срока службы и остаточного ресурса. Причина заключается в том, что изменение запаса несущей способности происходит по величине постоянной физического износа, которая учитывает ухудшению технических и связанных с ними эксплуатационных показателей, вызванное воздействием факторов окружающей среды, не связанных с естественной деградацией прочностных свойств.

Подводя итог рассмотренных и проанализированных выше методов определения остаточного ресурса можно сделать общее заключение, что основной проблемой их применения является то, что требуется точно определить значение физического износа. Однако существующие методы [103-115] имеют либо чисто экономическое обоснование, либо не учитывают особенностей конструкций из материалов на основе древесины, условия эксплуатации, или обоснованы только для конструкций из цельной древесины. Поэтому для новых конструкций, и, в частности, выполненных из материала LVL, требуется разработка своих таблиц физического износа.

Также следует отметить, что метод на основе экспоненциального распределения [100, 101] наилучшим образом подходит для оценки сроков службы и остаточного ресурса, поскольку используется безразмерная величина. Это дает возможность применить его совместно с другими методами при использовании обобщенного критерия, когда необходимо учесть влияние нескольких факторов. Однако в рамках диссертационного исследования требуется разработать

зависимость величины относительной надежности от физического износа для устранения выявленного недостатка.

1.2.2 Методы определения срока службы и остаточного ресурса строительных конструкций по деградации прочностных свойств

Выше рассматривалась оценка остаточного ресурса на этапе эксплуатации. В данном подразделе анализу подвергнуты методы определения сроков службы на этапе проектирования. Их особенностью является то, что в них учитывается только фактор естественной деградации прочностных свойств материала конструкций и полностью игнорируется влияние окружающей среды (физического износа), поскольку принимается допущение, что за счет установления заданных условий эксплуатации и выполнении защитных покрытий, воздействие агрессивных сред сводится к минимуму.

На настоящий момент времени разработано несколько отечественных методов прогнозирования сроков службы. Первый из них основан на подходе, где долговечность измеряется вероятностью безотказной работы.

$$P(t) = P(\tau > t), \quad (1.27)$$

Функция (1.28) называется функцией долговечности. Если резерв несущей способности изменяется по нормальному закону, то функция долговечности перед моментом наступления отказа вычисляется по формуле [116, 117]:

$$P(g_n > 0) = 0,5 + \Phi(\beta_n), \quad (1.28)$$

где индекс надежности равен:

$$\beta_n = \frac{\bar{g}_n}{S_{g_n}}, \quad (1.29)$$

Среднее значение резерва несущей способности определяется по формуле:

$$\bar{g}_n = \bar{R}_0 - \bar{L}_0 - (\bar{v}_R + \bar{v}_L) \cdot t_\gamma, \quad (1.30)$$

где t_γ – гамма-ресурс конструкции, т.е. время работы конструкции при заданной величине γ вероятности безотказной работы; $v_L(t)$ – среднее значение

скорости увеличения нагрузочного эффекта L ; $v_R(t)$ – среднее значение скорости уменьшения сопротивления R [116, 117].

Дисперсия резерва несущей способности определяется по формуле [116, 118]:

$$S_{g_n}^2 = S_{R_0}^2 + S_{L_0}^2 + t_\gamma^2 \cdot (S_{v_R}^2 + S_{v_L}^2), \quad (1.31)$$

Гамма-ресурс конструкции t_γ должен быть меньше среднего значения наработки τ : $t_\gamma < \tau$.

Это неравенство следует из условия долговечности: $g > 0$. Среднее значение наработки τ определяется из уравнения $g = 0$ [116, 118].

$$\bar{\tau} = \frac{\bar{R}_0 - \bar{L}_0}{\bar{v}_R + \bar{v}_L}, \quad (1.32)$$

Приведенный алгоритм достаточно прост, но подготовка исходных данных практически неосуществима. Экспериментальное определение скоростей $v_L(t)$, $v_R(t)$ чрезвычайно затруднительно, потому что для непосредственного измерения величин L и R нет соответствующих приборов.

Другой подход к определению вероятности безотказной работы деревянных конструкций [119, 120] предполагает, что индекс надежности задается в определенных пределах, а нагрузка носит случайный характер.

Индекс надежности β , при проектировании деревянной балки перекрытия, вычисляется по формуле [119, 120]:

$$\beta = \frac{\frac{8R_u W_{um}}{l^2} - \sum_{i=1}^n m_{q,i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n S_{q,i}^2}}, \quad (1.33)$$

где $m_{q,i}$ – математическое ожидание i -ой нагрузки;

$S_{q,i}$ – среднеквадратическое отклонение i -ой нагрузки.

Для деревянной балки покрытия при действии снеговой нагрузки вероятность безотказной работы будет равна [119, 120]:

$$P = \int_0^{+\infty} \frac{1}{2} \cdot \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x - m_x}{\sqrt{2 \cdot S_x^2}} \right) \right] \cdot \frac{1}{S_y \sqrt{6}} \exp \left[\frac{m_y - 0,45 \cdot S_y - x}{S_y \sqrt{6}} \right] - \exp \left[\frac{m_y - 0,45 \cdot S_y - x}{S_y \sqrt{6}} \right] dx \quad (1.34)$$

В данном случае: $m_y = \frac{8R_u W_{hm}}{l^2} - m_{q,snow}$, $S_y = S_{q,snow}$;

$$\sum_{i=1}^{n-1} \tilde{q} = X \text{ и } \frac{8R_u W_{hm}}{l^2} - \tilde{q}_{snow} = Y;$$

$\tilde{q}_{snow}$ – снеговая нагрузка (случайная величина).

Индекс надежности β для предельного напряжения при изгибе с учетом снеговой нагрузки [119, 120]:

$$\beta = \frac{\frac{8m_{\sigma,u,ult} W_{hm}}{l^2} - \sum_{i=1}^n m_{q,i}}{\sqrt{\left(\frac{8S_{\sigma,u,ult} W_{hm}}{l^2} \right)^2 + \sum_{i=1}^n S_{q,i}^2}}. \quad (1.35)$$

где $\tilde{\sigma}_{u,ult}$ – предельное напряжение в древесине при изгибе (случайная величина) [119, 120].

Данный подход не учитывает изменение предельного напряжения во времени.

Другой метод основан на термофлуктуационной теории прочности твердых тел.

Основное уравнение имеет вид [121]:

$$\tau = \tau_0 \cdot \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \cdot \sigma}{R \cdot T} \right], \quad (1.36)$$

где t – время до разрушения, с; τ_0 – период тепловых колебаний атомов, равный 10^{-13} с; U_0 – начальная энергия активации процесса разрушения, равная потенциальному барьеру разрыва химических связей твердых тел, кДж; R – газовая

постоянная, равная $8,314 \cdot 10^{-3}$ кДж/(моль*К); T – температура, К; σ – напряжение, МПа; γ – структурно-чувствительный коэффициент, кДж/(моль*МПа) [121].

Формула (1.37) была предложена еще в 50-х годах XX века. В дальнейшем было сделано множество обобщений с целью улучшения согласованности экспериментальных данных с теорией.

Для адгезионных соединений предложено выражение:

$$\tau = \tau_0 \cdot \exp \left[\frac{U_0 - \gamma(\sigma + \sigma_m)}{R \cdot T} \right], \quad (1.37)$$

где σ_m – внутреннее напряжение в адгезионном соединении, которое зависит от предыстории образца, температуры проведения испытаний и тому подобного.

Наиболее полное обобщение классической формулы (1.36) на полимерные материалы, сделано С.Б. Ратнером [122-124]. К формуле, аналогичной (1.38), пришел также Г.М. Бартенев, исходя из фононной концепции разрушения, опирающейся на динамическую теорию устойчивости кристаллических решеток.

$$\tau = \tau_m \cdot \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \cdot \sigma}{k \cdot T} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_m} \right) \right], \quad (1.38)$$

где T_m – предельная температура материала, соответствующая его минимальной долговечности τ_m ; k – постоянная Больцмана; τ_m – минимальная долговечность.

Существуют ряд отклонений теоретических значений, предсказываемых кинетической теории, от экспериментальных данных [124].

Первое из представленных отклонений присуще любому материалу и наблюдается при напряжениях ($\sigma \rightarrow 0$). Причина данного отклонения не до конца исследована и выдвинуто несколько версий, чтобы его объяснить. Основное соображение о природе такого отклонения заключается в том, что при малых напряжениях доля восстановления связей возрастает с уменьшением напряжений, уравниваясь в пределе (при $\sigma=0$) с количеством актов распада, что исключает накопление разрывов связей и развитие разрушения [124-132].

Следующий тип отклонений характерен для полимеров в высокоэластичном состоянии. Для описания данного отклонения были предложены различные варианты модернизированной формулы С.Н. Журкова.

Одной из них является эмпирическая формула Г.М. Бартенева [133]:

$$\tau = B \cdot \sigma^{-B} \cdot \exp\left(\frac{U_0}{R \cdot T}\right), \quad (1.39)$$

где B – константа, зависящая от структуры материала; b – показатель степени, характеризующий изменение структуры материала в процессе деформирования [133].

Другой предложенный вариант записывается в виде [134]:

$$\tau = \tau_0 \cdot \exp\left(\frac{U_0 - \gamma \cdot \sigma^2}{R \cdot T}\right), \quad (1.40)$$

В данном диссертационном исследовании учитывается возможность отклонения логарифмической прямой при напряжениях, стремящихся к нулю. Отклонение характерное для полимеров в высокоэластичном состоянии, описываемое формулами (1.39) и (1.40), для материалов на основе древесины в многочисленных экспериментальных исследованиях не нашло подтверждение, поэтому не рассматривается.

Дальнейшим развитием теории определения сроков службы и остаточного ресурса стало разработка метода, который объединил в себе вероятностный и кинетический подходы [135, 136].

Вероятность безотказной работы P конструкции в течение срока службы конструкции рассчитывается по формуле:

$$P = 0,5 + \Phi\left[\left(1 - x / x_{cp}\right) / v\right] \geq P_{min} \quad (1.41)$$

где v – коэффициент вариации прочностных свойств материала конструкции.

Значения переменных x_{cp} и x равны:

$$x_{cp} = (U - \gamma \cdot \sigma) / (R \cdot T) \quad (1.42)$$

$$x = \ln(\tau / \tau_0) \quad (1.43)$$

Также разработан другой вариант применения формулы (1.41), где индекс безопасности определяется как:

$$\beta = \left(1 - \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\text{пред}}} \right) / \nu \quad (1.44)$$

$\sigma_{\max}$ – расчетные действующие напряжения в конструкции;

$\sigma_{\text{пред}}$ – предельно допустимые напряжения в конструкции.

Учет фундаментальных характеристик материалов конструкций и неопределенности их величин при расчете срока службы деревянных конструкций в практике проектирования и обследования дает возможность оптимизировать конструктивные параметры, для полного исчерпания ресурса к концу расчетного срока службы. Данный метод является многообещающим и будет использован в диссертационном исследовании.

1.3 Обзор методов оценки деградации прочностных свойств древесины и материалов на ее основе

Длительная прочность и деформативность материалов на основе древесины активно изучалась советскими учеными прошлого столетия. Опыт произведенных исследований формировался на основании проверки выдвинутых ранее предложений и получении новых сведений о природе длительной прочности. Фундаментальные исследования длительного сопротивления древесины отражены в работах Белянкина Ф. П., Быковского В. Н., Леонтьева Н.Л., Леннова В. Г., Иванова Ю.М., Иванова А. М., Знаменского Е. М., Квасникова, Е. Н., Коцегубова В. П., Уголева Б. Н. и других исследователей [1-15]. В своих работах они опирались на положения термофлуктуационной теории и его основное уравнение (1.36), которое при постоянной температуре приобретает более простой вид:

$$T = A \cdot e^{-\alpha \cdot \sigma}, \quad (1.45)$$

где A и α – константы, определяемые экспериментальным путем.

Данная теория нашла подтверждение при прогнозировании долговечности деревянных конструкций [4-13, 21-39]. Можно выделить два различных подхода, которые реализованы применительно к самой древесине и к деревянной конструкции.

Для древесины автором работы [35] вместо одного уравнения (1.45) было предложено использовать несколько для прямых, выходящих из одной точки. Для «прямого» пучка уравнение имеет вид:

$$\lg \tau = b_0 + b_1 \cdot \sigma + b_2 \cdot \frac{1000}{T} + b_3 \cdot \sigma \cdot \frac{1000}{T}, \quad (1.46)$$

где:

$$b_0 = \lg \tau - 0,43 \frac{U_0}{R \cdot T_m}; b_1 = 0,43 \frac{\gamma}{R \cdot T_m}; b_2 = 0,215 \cdot U_0; b_3 = 0,215 \cdot \gamma, \quad (1.47)$$

Для «обратного» пучка [53]:

$$\lg \tau = b_0 - b_1 \cdot \frac{1000}{T} + b_2 \cdot \left(\frac{1000}{T} \right)^2 + b_3 \cdot \sigma \cdot \frac{1000}{T} - b_4 \cdot \sigma \cdot \left(\frac{1000}{T} \right)^2, \quad (1.48)$$

где:

$$b_0 = \lg \tau_m^*; b_1 = 0,215 \cdot U_0^*; b_2 = 0,43 \frac{U_0^* \cdot T_m^*}{R}; b_3 = 0,215 \cdot \gamma^*; b_4 = 0,43 \frac{\gamma^* \cdot T_m^*}{R}, \quad (1.49)$$

Для деревянных конструкций на основе термофлуктуационной теории прочности были разработаны методы к определению длительной прочности с использованием регрессионных уравнений в полулогарифмических координатах. Рассмотрим их по подробнее.

Первый метод заключается в использовании уравнений регрессии для построения зависимости длительной прочности от времени действия постоянной нагрузки по результатам прямых длительных испытаний.

Связь между прочностью и временем действия нагрузки может быть выражена уравнениями вида [27-29]:

$$\sigma = a \cdot t^b, \quad (1.50)$$

$$\sigma = a - b \cdot \lg t, \quad (1.51)$$

где σ – величина длительной прочности; t – долговечность (продолжительность испытаний, дни); a, b – коэффициенты.

Многие исследователи в своих работах [4-13, 21-34] использовали именно прямой метод с построением уравнений регрессий в полулогарифмических координатах с длительностью испытаний до 6 лет. Например, Квасниковым Е.Н. были выполнены исследования и построены зависимости длительной прочности в полулогарифмических координатах для растяжения, сжатия и изгиба при различных значениях влажности [36-38].

Трудоемкость и слишком большая продолжительность испытаний заставили исследователей искать другие способы прогнозирования изменения прочности во времени. В результате был разработан второй метод, заключающийся в определении длительной прочности на основе приведенного времени испытаний по формуле:

$$\ln t = \ln A - \alpha \cdot \sigma, \quad (1.52)$$

t – приведенное время испытаний; α – коэффициент равный 0,166.

σ – напряжение, %.

Преобразуя натуральный логарифм в десятичный уравнение (1.52) приобретает вид:

$$\lg \tau_c = \lg A - \frac{\alpha \cdot \sigma}{2,3}. \quad (1.53)$$

Эта прямая отсекает на координатных осях отрезки $\lg A = 17,1$; $\sigma_0 = 103\%$ (рисунок 1.10, а) [137].

Закономерность подтверждена также для медленного ступенчатого нагружения и разных размеров образцов, в том числе – с пороками.

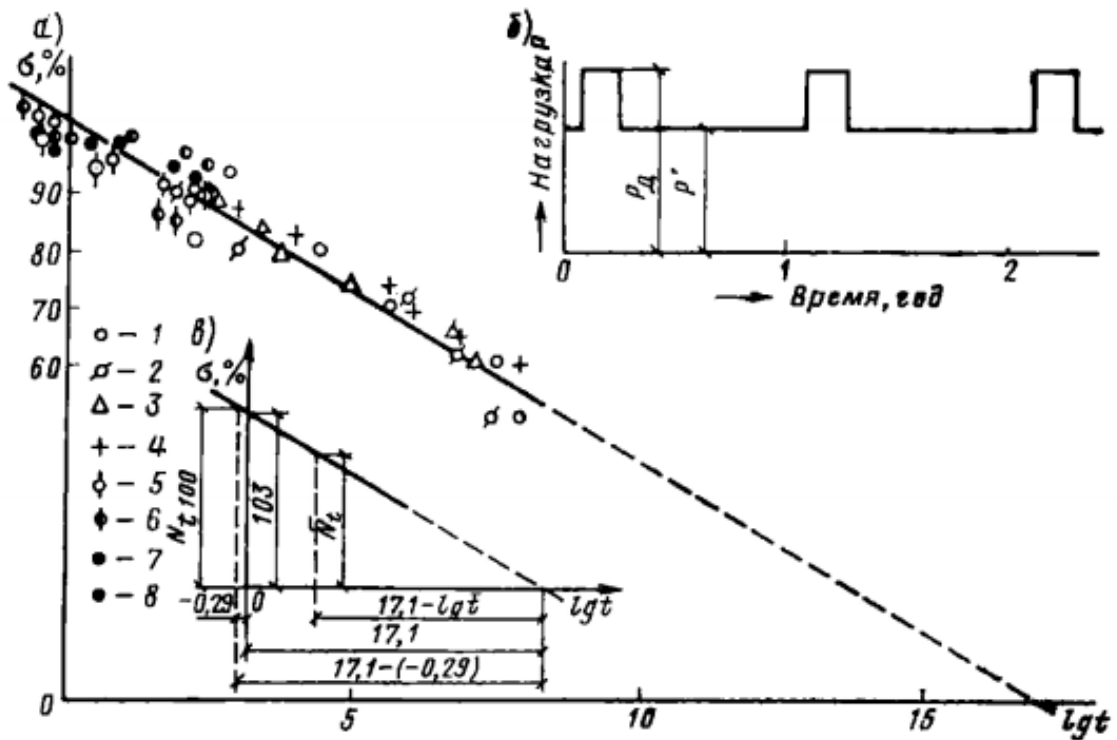


Рисунок 1.10 – График длительной прочности древесины
 а – прямая длительной прочности древесины по уравнению; б – схема изменения во времени эксплуатационной нагрузки P на несущих конструкциях покрытий зданий; в – вспомогательная схема к построению результатов длительных испытаний соединений на график длительной прочности древесины; 1, 2 – древесина ели; 3, 4 – дугласова пихта; 5÷8 – сосна; 1, 2 – влажность 13,6%; 3÷12%; 4 – 6%; 5÷7 – 15%; в, в – 30%; 1, 3, 4, 7 и 5 – изгиб; 2 – скалывание; 5, 6 – сжатие вдоль волокон; 1÷4 – длительные испытания; 5÷8 – машинные испытания с разной скоростью нагружения [137]

Приведенное время испытаний может определяться несколькими способами.

Первый способ.

Приведенное время t , соответствующее действию неизменной нагрузки:

$$t = 0,02 \cdot t_1' + t_2, \quad (1.54)$$

где t_1' – время доведения нагрузки до разрушающей величины; t_2 – время, в течение которого конструкция выдерживала разрушающую нагрузку (см. рисунок 1.11) [138].

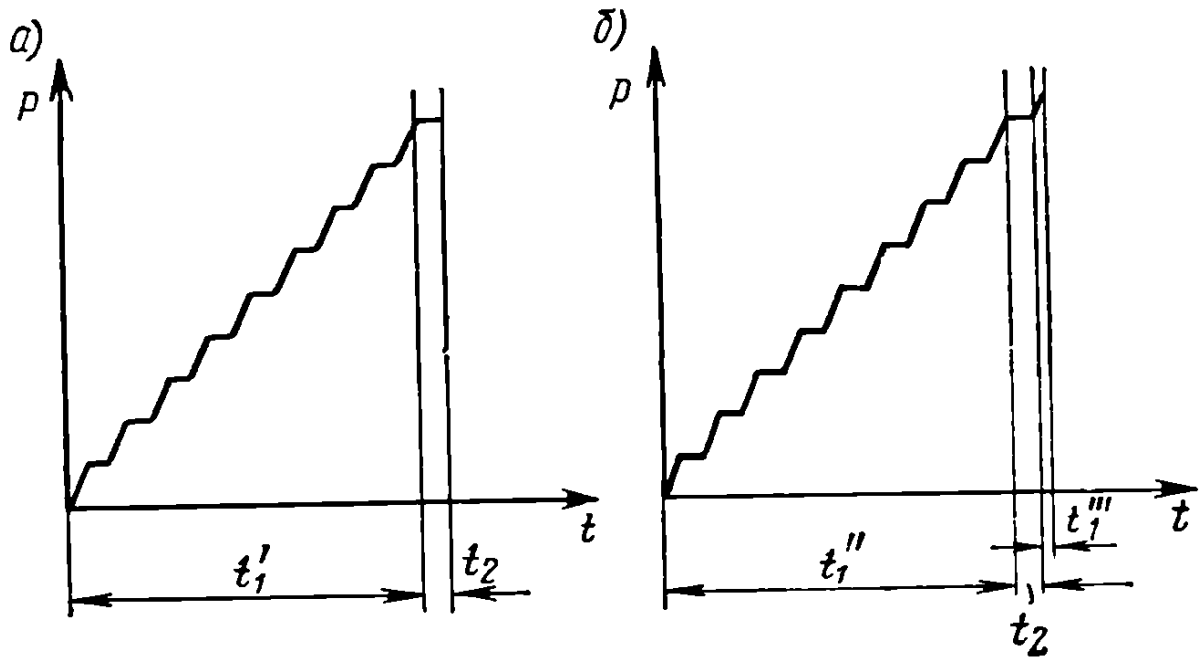


Рисунок 1.11 – Определение промежутков t_1'' и t_2 в двух случаях разрушения конструкции: а – при выдерживании нагрузки, б – в процессе роста нагрузки ($t_1' = t_1'' + t_1^m$) [138]

Второй способ.

Приведенное время определяется по формуле:

$$t = \frac{1}{\alpha \cdot \omega} = \frac{t_1' \cdot \sigma_0}{\ln A \cdot \sigma_{ep}}, \quad (1.55)$$

При

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_{ep}} = 1,03u \ln A = 2,3 \cdot 17,1 = 39,3, \quad (1.56)$$

$$t = \frac{t_1'}{39,3} \cdot 1,03 = \frac{t_1'}{38,16}, \quad (1.57)$$

Другой вариант определения приведенного времени испытания:

$$t_1 = \frac{\sigma_{ep,100}}{38,1 \cdot W}, \quad (1.58)$$

W – скорость нагружения, Па/с.

Фиксируемые промежутки времени при испытании, приведенные на рисунке 1.11, используют для определения приведенного времени испытаний $t_{исп}$,

соответствующего действию неизменной постоянной нагрузки и необходимого для оценки несущей способности испытываемой конструкции.

Согласно [137] главным условием применимости указанной закономерности к сложному напряженному состоянию и конструкциям в виде систем элементов является сохранение неизменной во времени исходной расчетной схемы.

Конечным итогом реализации данного метода на практике стало введение в нормы коэффициентов длительной прочности ($m_{дл}$) – таблица 1.2 [87], которые были определены путем подстановки приведенного времени действия нагрузки для различных режимов нагружения.

Таблица 1.2 – Классификация режимов нагружения деревянных конструкций [87]

Обозначение режимов нагружения	Характеристика режимов нагружения	Приведенное расчетное время действия нагрузки, с	Коэффициент длительной прочности $m_{дл}$
А	Линейно возрастающая нагрузка при стандартных машинных испытаниях	1-10	1,00
Б	Совместное действие постоянной и длительной временной нагрузок, напряжение от которых превышает 80 % полного напряжения в элементах конструкций от всех нагрузок	10^8 - 10^9	0,53
В	Совместное действие постоянной и кратковременной снеговой нагрузок	10^6 - 10^7	0,66
Г	Совместное действие постоянной и кратковременной ветровой и (или) монтажной нагрузок	10^3 - 10^4	0,80
Д	Совместное действие постоянной и сейсмической нагрузок	10 - 10^2	0,92
Е	Действие импульсивных и ударных нагрузок	10^{-1} - 10^{-8}	1,10-1,35
Ж	Совместное действие постоянной и кратковременной снеговой нагрузок в условиях пожара	10^3 - 10^4	0,80
И	Для опор воздушных линий электропередачи — гололедная, монтажная, ветровая при гололеде, от тяжения проводов при температуре ниже среднегодовой	10^4 - 10^5	0,85
К	Для опор воздушных линий электропередачи — при обрыве проводов и тросов	10^{-1} - 10^{-2}	1,10

В дальнейшем были дополнительно введены коэффициенты сроков службы ($m_{с.с.}$) – таблица 1.3, для учета изменения прочности древесины при проектировании на сроки более 50 лет [87].

Таблица 1.3 – Коэффициент $m_{с.с.}$ в зависимости от срока службы [87]

Вид напряженного состояния	Значения коэффициента при сроке службы сооружения		
	50 лет и менее	75 лет	100 лет и более
Изгиб, сжатие, смятие вдоль и поперек волокон древесины	1,0	0,90	0,8
Растяжение и скалывание вдоль волокон древесины	1,0	0,85	0,7
Растяжение поперек волокон древесины	1,0	0,80	0,5
Значение коэффициента для промежуточных сроков службы определяется по линейной интерполяции			

Выявлены некоторые ограничения применимости метода определения длительной прочности древесины [35]:

- 1) не ясна физическая основа объединения всех экспериментальных результатов в обобщенную зависимость [35];
- 2) предельная долговечность (при $\sigma = 0$) не зависит от вида материала (древесина или фанера), вида нагружения, количества влаги, ориентации волокон [35].
- 3) не учитывается различие структуры исследованных материалов [35];
- 4) не учитывается температура эксплуатации [35].

Длительное сопротивление может быть определено, используя коэффициент длительной прочности, согласно зависимости, при постоянном действии усилия при фиксированном времени эксплуатации:

$$m_{дл} = 1.03 \left(1 - \frac{\lg_{сек} t}{\lg_{сек} A} \right), \quad (1.59)$$

Примерно до конца 60-х годов XX века значение $\lg A = 18,5$. Начиная с 70-х годов это значение было принято равным $\lg A = 17,1$.

В дальнейшем были выполнены исследования длительной прочности древесины при растяжении под углом к волокнам. Были рассчитаны значения $\lg A$ при растяжении под углами 45° и 90° [39].

Найчуком А.Я. был определен $lg A$ при растяжении под углами 60° и 75° к направлению волокон, равные соответственно 13,4 и 12,3 [139, 140].

Графики данных зависимостей показаны на рис. 1.12.

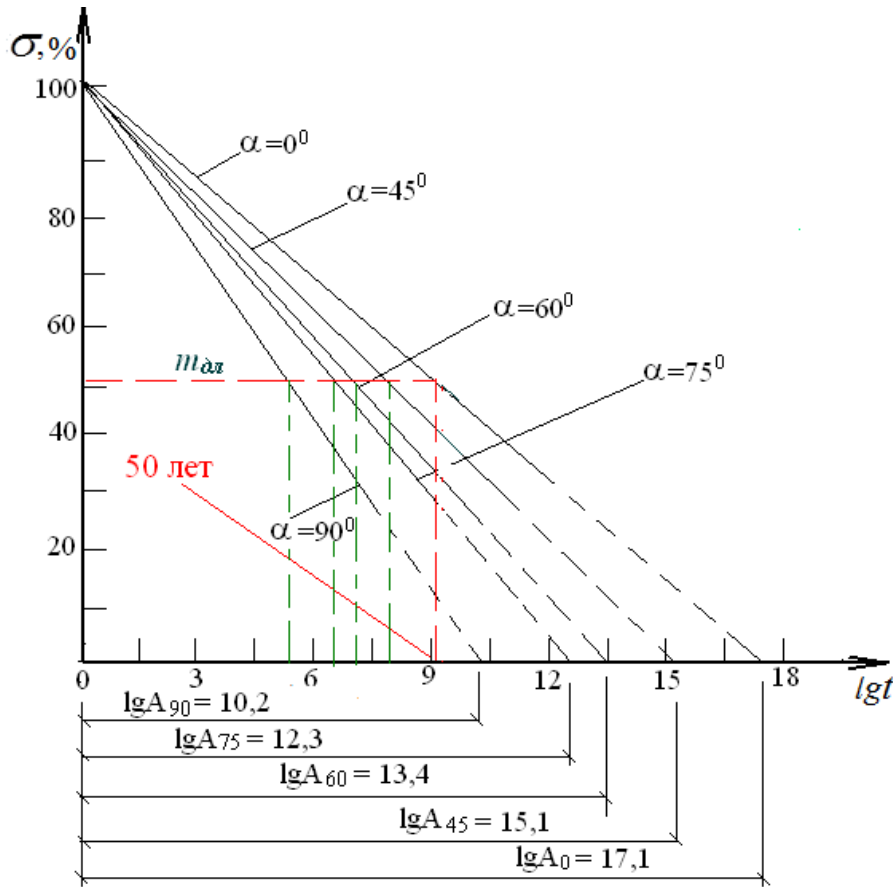


Рисунок 1.12 – Зависимости относительной длительной прочности древесины при различных углах наклона волокон

На основании обобщения имеющихся данных было построено уравнение коэффициента длительной прочности для древесины учитывающее время действия нагрузки и угол наклона волокон:

$$m_{dl} = 0,9078 - 0,0417 \cdot \alpha + 0,0034 \cdot lgt - 0,008 \cdot \alpha^2 - 0,0005 \cdot \alpha \cdot lgt - 3,917 \cdot 10^{-5} \cdot lgt^2 \quad (1.60)$$

Графически вид зависимости (1.60) представлен на рисунке 1.13.

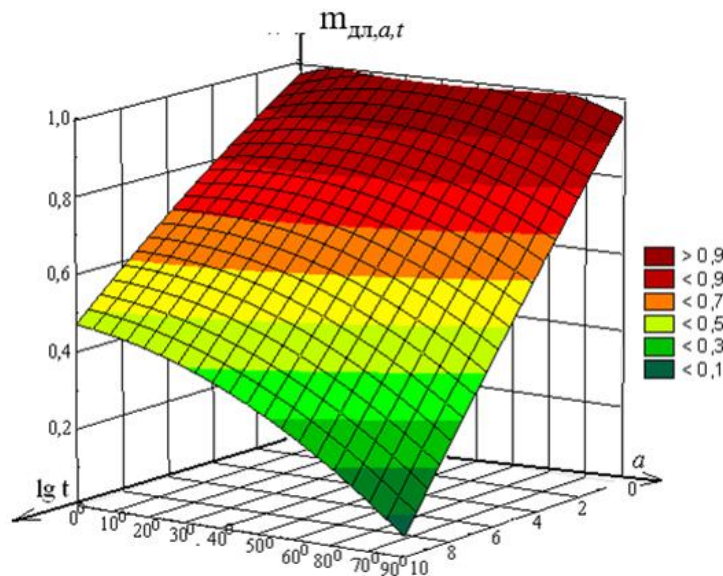


Рисунок 1.13 – Зависимость длительной прочности древесины от времени действия нагрузки и угла наклона волокон

Кинетическая теория прочности также может использоваться для определения длительной прочности узлов. Например, в работе [141] исследуется влияние циклического воздействия разбухания и усушки на прочность и деформативность узлового соединения деревянных конструкций.

Влияние температуры и влажности оценивается по уравнению:

$$R = R_0 \cdot e^{-A \sum_{i=1}^{n_{\text{ц}}} t_i \cdot \exp\left(-\frac{E}{k \cdot T_i}\right)}, \quad (1.61)$$

где R_0 и R – начальное и текущее значения механической прочности древесины; A – постоянный коэффициент (число химических взаимодействий в единицу времени), $1/\text{с}$; E – энергия активации химической реакции, Дж; T_i – температура, при которой протекал этот цикл, К; Δt_i – продолжительность i -го цикла; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана [141].

Анализ выражения позволяет сделать вывод, что на механическую прочность древесины оказывают влияние три важнейших эксплуатационных фактора: число циклов увлажнения и высыхания, продолжительность этих циклов и температура. Причем увеличение этих параметров сопровождается снижением механической прочности. Это качественно соответствует представлениям о влиянии таких факторов на механическую прочность древесины.

Формула заметно упрощается в том случае, если следующие друг за другом процессы увлажнения и высыхания древесины имеют одинаковую продолжительность $\Delta t_i = \Delta t = \text{const}$ и протекают при одинаковой температуре $T_i = T = \text{const}$. В этом случае суммирование в этой формуле можно заменить произведением [141]:

$$R = R_0 \cdot e^{-A \cdot n_y \cdot t_i \cdot \exp\left(-\frac{E}{k \cdot T_i}\right)}, \quad (1.62)$$

Как видно из данного уравнения непосредственно выразить величину срока службы здесь нельзя. Рассчитать его можно только посредством итерационных вычислений.

За рубежом наибольшее распространение получила эмпирическая гиперболическая кривая, известная также как «Кривая Мэдисона», построенная по экспериментальным данным Вуда [142, 143]. Горизонтальная асимптота этой гиперболы составляла 18,3 процента, уровень отношения напряжений, при котором продолжительность нагружения предполагалась бесконечной.

На рис. 1.14 показана эмпирическая гиперболическая кривая, проходящая через точку, представляющую продолжительность напряжения 0,015 секунды и напряжение, равное 150 процентам предела прочности при стандартном испытании. Эта кривая аппроксимирует тенденции данных тестов с длительной и быстрой загрузкой. Она имеет вид:

$$y = \frac{108,4}{x^{0,04635}} + 18,3, \quad (1.63)$$

где x – продолжительность напряжения в секундах, а y – напряжение, выраженное в процентах от стандартной испытательной прочности [143]. Это уравнение вычисляется так, что кривая проходит через три выбранные точки. Первая точка – это только что описанная точка, расположенная несколько ниже точки удара. Вторая точка находится на 100-процентном уровне силы, для которого принята продолжительность напряжения 7,5 мин. Третья точка произвольно выбрана из данных длительного нагружения с уровнем прочности 69 процентов и продолжительностью 3750 часов (показано на рис. 1.14). Горизонтальная

асимптота этой гиперболы составляет 18,3 процента, уровень силы, для которого предполагается, что продолжительность бесконечна.

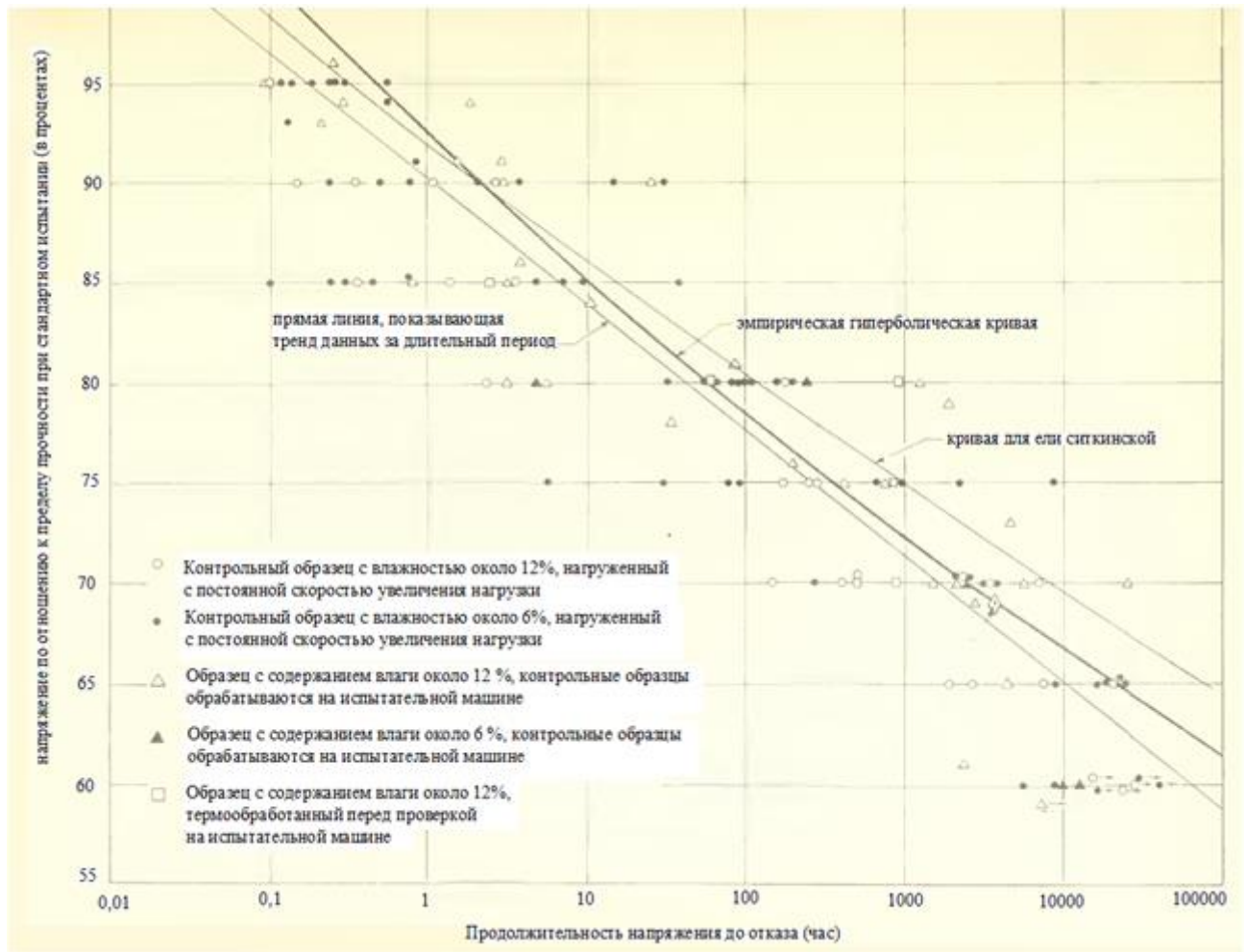


Рисунок 1.14 – Зависимость отношения продолжительности постоянного напряжения к уровню напряжения при длительном нагружении изгибаемых образцов дугласовой пихты [143]

К началу 1970-х годов имелось множество свидетельств того, что реакция деревянных балок на разрыв при ползучести значительно отличалась от классического случая для небольших чистых образцов, описываемых кривой Мэдисона [144-150].

В качестве альтернативы были предложены различные модели кумулятивных повреждений, основанные на экспериментальных данных. Отличительным преимуществом модели накопления повреждений является то, что она позволяет прогнозировать повреждения, вызванные произвольной случайной последовательностью нагрузок, и ее удобное использование в форматах

проектирования, основанных на надежности. Можно выделить несколько наиболее применяемых моделей накопления повреждений [151-156]¹:

Модель Barrett-Foschi № 1:

$$\begin{cases} \frac{da}{dt} = a \cdot (\tau - \tau_0)^b \cdot a^c, \tau > \tau_0 \\ \frac{da}{dt} = 0, \tau \leq \tau_0 \end{cases} \quad (1.64)$$

Модель Barrett-Foschi № 2:

$$\begin{cases} \frac{da}{dt} = a \cdot (\tau - \tau_0)^b + \lambda \cdot \alpha, \tau > \tau_0 \\ \frac{da}{dt} = 0, \tau \leq \tau_0 \end{cases}, \quad (1.65)$$

Модель Foschi-Yao:

$$\begin{cases} \frac{da}{dt} = a \cdot (\sigma(t) - \tau_0 \cdot \sigma_s)^b + c \cdot (\sigma(t) - \tau_0 \cdot \sigma_s)^n \cdot \alpha, \sigma(t) > \tau_0 \cdot \sigma_s \\ \frac{da}{dt} = 0, \sigma(t) \leq \tau_0 \cdot \sigma_s \end{cases}, \quad (1.66)$$

Модель Gerhards:

$$\frac{da}{dt} = \exp(-a + b \cdot \tau) = \exp(-a + b \cdot \sigma(t) / \sigma_s), \quad (1.67)$$

Модель Schaffer:

$$\frac{da}{dt} = -\alpha \cdot \exp(-a + b \cdot \sigma(t) / (1 - \alpha)), \quad (1.68)$$

Во всех моделях α – переменная состояния поврежденности (« $\alpha = 0$ » в неповрежденном состоянии и « $\alpha = 1$ » при разрушении), τ – коэффициент напряжения, определяемый как приложенное напряжение $\sigma(t)$, деленное на кратковременную прочность σ_s (т.е. $\tau = \sigma(t) / \sigma_s$); τ_0 — порог напряжения, ниже которого предполагается, что повреждения не накапливаются, а a , b , c , λ и n – параметры модели.

¹ По результатам проведенного анализа иностранных источников автором опубликована, работа:

Черных А.Г., Корольков Д.И., Букелиа А. Обзор и анализ зарубежных моделей накопления повреждений деревянных конструкций // В сборнике: Инновации в деревянном строительстве. Материалы 12-й Международной научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 2023. С. 5-17.

В результате выполненных экспериментальных проверок, что модель *Gerhards*, которая основана на модели экспоненциальной степени повреждения (EDRM), завышала остаточную прочность образцов, выдерживающих постоянную нагрузку, не учитывая влияние повреждений, уже накопленных в процессе накопления повреждений.

В работах [157, 158] была предложена модифицированную модель EDRM, в которой скорость повреждения зависит от нагрузки, температуры и влажности. Соотношение напряжений регулировалось в зависимости от температурно-влажностного режима пиломатериала. В ходе экспериментальной проверки для прогнозирования изменения прочности во времени использовали модель экспоненциального накопления повреждений *Gerhards* (EDRM) и экспоненциальную модель, которая для испытаний с постоянной нагрузкой имела вид:

$$SL = A + B \cdot \ln T, \quad (1.69)$$

EDRM дал некоторые оценки параметров с широкими доверительными пределами. Был сделан вывод, что экспоненциальная модель обеспечивает подходящие параметры; однако в модели не было механизма для включения образцов, которые не разрушились или разрушились при загрузке. Более того, модель оказывалась чрезмерно чувствительной к выбранной эталонной силе, если образец имел мало отказов в первые несколько дней испытаний.

Разработаны модели для прогнозирования прочности материалов на основе древесины по скорости пластической деформации (модели ползучести) [157-162].

Отдельно можно выделить подход энергии деформации, предложенный *Fridley* [163, 164]. Им был введен критический критерий деформации-плотности-энергии-разрушения для описания поведения конструкционных пиломатериалов в зависимости от продолжительности нагрузки. В отличие от моделей повреждений, которые разрабатывались для определения полного обрушения элемента с полной потерей несущей способности, модель энергии деформации определила разрушение как превышение критической плотности энергии деформации, которая соответствует началу разрушения конечного элемента.

В рамках диссертационного исследования данные модели не рассматриваются.

Другой многообещающий подход использует механику разрушения для изучения процесса медленного роста трещин в древесине.

Теория DVM (поврежденного вязкоупругого материала) была предложена Nielsen L.F [165-167]. В работе Nielsen L.F была установлена интегрированная концепция материалов для поведения древесины: древесина представляет собой растрескавшийся вязкоупругий материал, механическое поведение которого может быть описано достаточно подробно только путем объединения теорий вязкоупругости и механики разрушения. Скорость роста трещины определялась как:

$$\frac{dk}{dt} = \frac{\pi^2}{8q \cdot \tau} \left(\frac{\sigma_\sigma}{\sigma_l} \right)^2 \frac{k(\sigma / \sigma_{cr})^2}{\left[\left(k(\sigma / \sigma_{cr})^2 \right)^{-1} - 1 \right]^{1/b}}, \quad (1.70)$$

где b и τ – параметры функции ползучести, $J(t)$:

$$J(t) = \left[1 + (t / \tau)^b \right] / E, \quad (1.71)$$

E – модуль Юнга;

σ_l – теоретическая (неповрежденная) прочность;

σ_{cr} – эталонная прочность;

$$q = \left[\frac{(1+b)(2+b)}{2} \right]^{1/b}, \quad (1.72)$$

$k = l/l_0$ – коэффициент повреждения (безразмерный коэффициент длины трещины).

Однако параметры для приведенных усовершенствованных моделей трудно определить при испытаниях, поэтому корректность приведенных авторами зависимостей вызывает сомнения. Таким образом, их использование в форматах проектирования, основанных на надежности, может быть ограничено.

1.4 Исследование предпосылок и лучших практик для разработки ускоренного метода определения длительной прочности LVL

Появление всех рассмотренных выше теоретических моделей прогнозирования деградации прочностных характеристик было бы невозможно без наличия накопленных экспериментальных данных по изменению прочности древесины во времени. Первым и остающимся до настоящего времени методом определения длительной прочности является прямой метод [168]. Его суть заключается в том, что образец выдерживают под постоянной нагрузкой, которая является долей от разрушающей ($\sigma_{\text{разр}}$). Как правило, четыре серии испытаний: $1,0 \cdot \sigma_{\text{разр}}$, $0,9 \cdot \sigma_{\text{разр}}$, $0,8 \cdot \sigma_{\text{разр}}$, $0,7 \cdot \sigma_{\text{разр}}$. Во всех случаях фиксируется время до разрушения и строится зависимость длительной прочности в полулогарифмических координатах [168]. Однако трудоемкость выполнения таких испытаний и слишком большая продолжительность их выполнения (от нескольких месяцев до нескольких лет) заставила исследователей искать альтернативные возможности для нахождения зависимостей изменения прочности во времени. В результате были разработаны ускоренные методов. Кратко рассмотрим некоторые из них и проанализируем на предмет возможности их использования для исследования LVL.

Метод теплового старения.

Использование термического нагрева позволяет существенно ускорить процесс деградации прочностных свойств. Это применяется для проведения ускоренных испытаний по оценке долговечности древесины, клеевых соединений и полимеров [169].

Однако для LVL применение указанного метода не представляется целесообразным, поскольку в брусе из клеёного шпона будут одновременно происходить процесс деградации прочности древесины и набор прочности фенолформальдегидного клей при действии высокой температуры.

Метод по скорости пластических деформации.

Суть метода по скорости пластического течения состоит в том, чтобы по измеренной установившейся скорости пластической деформации при заданном уровне нагружения построить график и при значении скорости равном нулю найти предел длительного сопротивления (м. рис. 1.15).

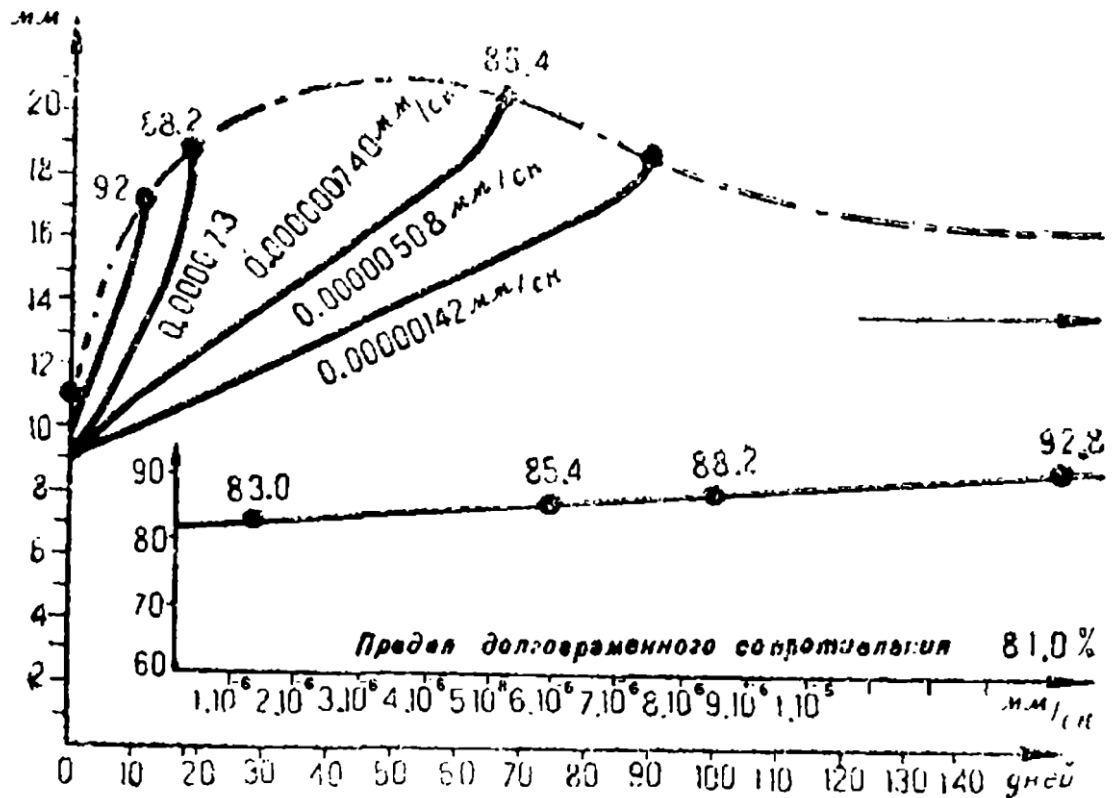


Рисунок 1.15 – Диаграмма зависимости между скоростью пластической деформации и напряжениями в сосне [170, 171].

Проведенные впоследствии экспериментальные исследования показали расхождение значений, полученных по данному методу, с результатами прямых длительных испытаний, продолжавшихся в течение нескольких лет. Также было установлено, что используемое понятие «предела длительного сопротивления» противоречит современным теоретическим представлениям о прочности твердых тел [140]. Поэтому данный метод ускоренных испытаний не нашел в дальнейшем применения.

Определение термофлуктуационных констант обобщенного уравнения Журкова методом эталонного пучка [172, 173].

Метод заключается в том, что на шестипозиционном стенде образцы материала в количестве не менее 6 нагружают не менее 5 значений не критической

нагрузки при трех постоянных температурах с фиксацией времени до разрушения, используют эталонный пучок с координатами точки полюса (10; -1), т.е. $\lg \tau_{03} = -1$, $\sigma_{m3} = 10$ МПа и максимальной температурой существования твердого тела $T_{m3} = 500$ К, для которого структурно-механическая константа γ_3 равна 50 кДж/(моль·МПа), константа $U_{03} = 500$ кДж/моль (см. рис. 1.16) [172, 173].

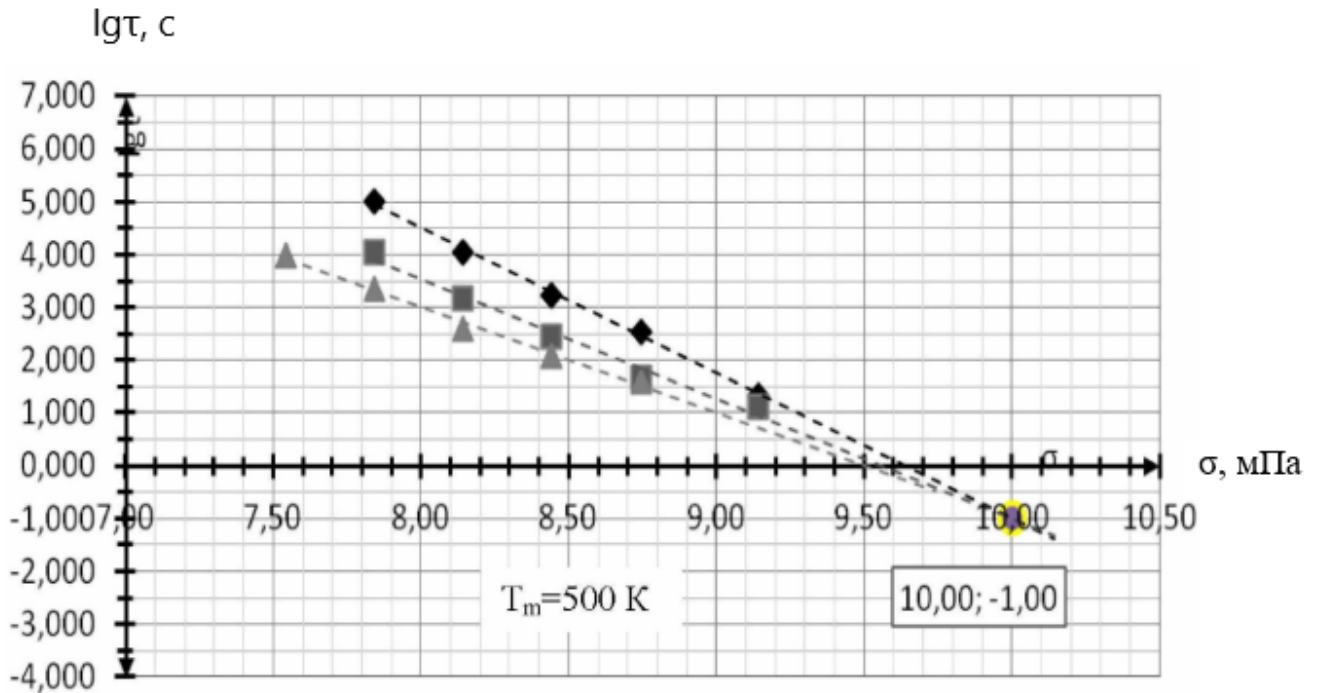


Рисунок 1.16 – Эталонный пучок

Применение данного метода для LVL вызывает сомнение, поскольку в литературе нет достаточной информации о значениях термофлуктуационных констант для указанного материала, в связи с чем нельзя утверждать, что использование приведенных эталонных величин является обоснованным.

Определение длительной прочности с различными скоростями нагружения.

Леонтьев Н.Л. [174] предложил метод ускоренного испытания с различной скоростью приложения нагрузки. При сравнении линии длительной прочности, проведенной через две точки для продолжительности испытаний отличающейся в 100-200 раз от прямого метода, с линией, построенной по нескольким точкам, было обнаружено расхождение прочности на 6-10%, при этом результирующие значения длительной прочности при более длительном сроке чувствительны к углу наклона полученной зависимости.

На основании анализа рассмотренных ускоренных методов определения длительной прочности можно сделать вывод, что целесообразно исследовать возможность определения длительной прочности LVL ускоренный методом, основанном на зависимости прочности от скорости нагружения.

1.5 Особенности существующих методик определения сроков службы деревянных конструкций.

До введения в действие изменениям № 4 к СП 64.13330.2017 [87] единственным способом расчета предельного срока службы и остаточного ресурса была методика с использованием экспоненциального распределения [100, 101]. С введением указанного изменения было добавлено приложение С, посвященное определению срока службы и остаточного ресурса конструкций из материалов на основе древесины, как для вновь проектируемых, так и для находящихся в эксплуатации. Представленные в нем методы и методики расчета основаны на материалах диссертационного исследования соискателя [175, 176], которые подробно представлены в главе 2.

Особенностью усовершенствованного метода гамма-процентного ресурса в отличие от метода с использованием экспоненциального распределения [100, 101], является учет величины физического износа. Это открывает возможность точно прогнозировать дополнительный срок службы по результатам обследования и планировать выполнение ремонтных работ. Однако ввиду отсутствия сведений о физическом износе для конструкций из новых материалов, и LVL, в частности, применение данного метода ограничено. Поэтому требуется разработка соответствующих таблиц.

Отличием использованного для расчета срока службы вновь проектируемых деревянных конструкций метода по вероятности безотказной работы от того, что используют в атомной сфере [135, 136] заключается в том, что используется приведенное время неизменного действия расчетного напряжения с учетом режимов нагружения по таблице 4 СП 64.13330.2017 [87]. Серьезным

сдерживающим фактором для широкого внедрения указанного метода для конструкций из материалов на основе древесины является недостаток информации о величинах термофлуктуационных констант (энергии активации и структурного коэффициента) при различных условиях эксплуатации, видах напряженного состояния, в зависимости от вида материала конструкции и т.д. Также следует отметить, что не реализован второй вариант применения указанного метода в случае, когда используются действующие напряжения и расчетные сопротивления (см. уравнение 1.44) [135, 136], что позволяет существенно упростить задачу по расчету срока службы без определения энергии активации.

Однако главным недостатком всего указанного приложения можно считать то, что отсутствует метод расчета срока службы и остаточного ресурса при совместном влиянии деградации прочностных и величины физического износа.

Таким образом, можно выделить несколько основных направлений для совершенствования приложения С.

Первое, разработка метода расчета срока службы и остаточного ресурса, который бы учитывал совместное действие величины физического износа и длительной прочности как для конструкций, находящихся в эксплуатации, так и для вновь проектируемых.

Второе, совершенствование метода определения срока службы по вероятности безотказной работы путем добавления расчета по действующим и предельным напряжениям.

Третье, разработка таблиц по определению физического износа для конструкций, выполненных из новых материалов на основе древесины, которые могут использовать как проектировщики, так и специалисты, занимающиеся обследованием, как дополнение к приложению С для расширения возможности его реализации на практике.

В рамках диссертационного исследования будут представлены теоретические разработки по каждому из указанных направлений. Касаясь таблиц, то они будут разработаны только для балочных конструкций из LVL согласно теме исследования.

1.6 Выводы по первой главе

Анализ состояния вопроса по определению сроков службы, остаточного ресурса и длительной прочности деревянных конструкций, а также факторов, которые влияют на долговечность балочных конструкций из LVL, позволяет сделать следующие выводы:

1) существующие методы определения сроков службы и остаточного ресурса конструкций, находящихся в эксплуатации, учитывают только величину физического износа;

2) прогнозирование сроков службы вновь возводимых конструкций осуществляется с учетом только деградации прочностных свойств материалов на основе инженерной древесины;

3) недостаточно исследовано влияние масштабного фактора на кратковременную и длительную прочность конструкций из LVL;

4) имеется мало сведений о прочностных показателях LVL под углом к волокнам при действии кратковременных и длительных нагрузок;

5) сведения о физическом износе балочных конструкций из LVL на сегодняшний день отсутствуют.

На основании вышеизложенного целью исследования является разработка методов расчета остаточного ресурса и сроков службы балочных конструкций из LVL с учетом длительности действия нагрузки и физического износа.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Выполнить системный анализ отечественных и зарубежных литературных источников, результатов научных исследований по проблеме расчета остаточного ресурса и срока службы строительных конструкций, учета влияния длительности действия нагрузки и физического износа;

2. Провести теоретические исследования аналитических зависимостей остаточного ресурса от факторов деградации прочностных свойств и физического

износа, разработать концепцию прогнозирования остаточного ресурса и сроков службы балочных конструкций LVL.

3. Разработать методические положения по проведению и обработке экспериментальных исследований по определению длительной прочности LVL ускоренным методом;

4. Разработать экспериментальную установку для верификации ускоренного метода определения длительной прочности LVL при растяжении под различными углами наклона волокон;

5. Разработать алгоритм оценки остаточного ресурса и сроков службы на примере проектирования новых и находящихся в эксплуатации несущих конструкций.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ РАСЧЁТА СРОКА СЛУЖБЫ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НЕСУЩИХ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

2.1 Постановка задачи

Рассмотренные в предыдущей главе методы определения срока службы и остаточного ресурса деревянных конструкций можно условно разделить на две большие группы.

Первая группа связана с прогнозированием сроков службы по деградации прочностных свойств, вторая группа методов – по величине физического износа. В первом случае остаточный ресурс равен сроку службы. Во втором, остаточный ресурс определяется как разница между предельным сроком службы и фактическим сроком эксплуатации.

Если проанализировать эти методы с точки зрения такого деления на группы, то можно заметить, что они исключают возможность одновременного учета деградации прочностных свойств и величине физического износа. Отсюда вытекает очень важная проблема: каким образом можно определять остаточный ресурс и срок службы, учитывая влияние нескольких факторов.

В общем случае требуется введение обобщенного показателя, который позволял бы оценивать совокупность влияния всех факторов на срок службы и остаточный ресурс. В качестве такого показателя предлагается использовать относительную надежность конструкции. Данная величина является универсальной и может использоваться для оценки надежности и долговечности деревянной конструкции для всех стадий жизненного цикла.

Одним из наиболее удобных способов построения обобщенного показателя относительной надежности является вычисление среднего геометрического:

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_1 \cdot \dots \cdot d_n} \quad (2.1)$$

d_1 – частный показатель относительной надежности.

Использование данной величины нашло широкое применение в решении задач по поиску оптимальных решений при большом количестве параметров. Одним из вариантов такого использования среднего геометрического является

обобщенная функция желательности Харрингтона. В основе построения этой данной функции лежит идея преобразования натуральных значений частных откликов в безразмерную шкалу. Введение шкалы желательности позволяет свести исходную многокритериальную задачу принятия решения с разноразмерными критериями к многокритериальной задаче с критериями, измеряемыми в одной и той же шкале. Возможности широкого применения данной функции в задачах оценки и оптимизации подтверждается исследованиями ученых в разных сферах: в экономике, технике и технологии, медицине, управлении, экологии [177-179].

Функция желательности Харрингтона обладает следующими преимуществами [177]:

- является количественной;
- выражается одним числом, т.е. является единой;
- является однозначной, т.е. заданному набору значений частных параметров оценки соответствует одно значение функции;
- универсальна и может использоваться в различных областях;
- всесторонне характеризует объект, т.е. соответствует требованию полноты;
- обеспечивает простой путь преобразования показателей с помощью одного графика для всех критериев;
- «нейтральна» при обобщении, на конечный результат при построении шкалы желательности влияют только личные предпочтения;
- является адекватной. Под адекватностью частной и обобщенной функций желательности следует понимать их эквивалентность измеренным значениям параметров оптимизации в том смысле, что с ними можно проделывать все вычислительные действия, определенные на множестве значений параметров оптимизации.

Разнообразие сфер применения среднего геометрического, в том числе в качестве функции желательности, свидетельствует о возможности его применения при оценке остаточного ресурса и сроков службы строительных конструкций.

Таким образом, обобщенный показатель относительной надежности с учетом всех факторов, в общем случае, можно представить в виде:

$$P = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n P_i} \geq P_{min} \quad (2.2)$$

P_i – относительная надежность i -го фактора;

P_{min} – минимально установленное значение относительной надежности;

n – количество учитываемых критериев.

В данной главе представлены теоретические изыскания по методам определения срока службы и остаточного ресурса при $n = 1$ для вновь проектируемых конструкций с относительной надежностью по прочностному критерию P_1 , которая учитывает деградацию прочностных свойств, и находящихся в эксплуатации с относительной надежностью по величине физического износа P_2 , которая учитывает физический износ, а также при $n = 2$, когда учитывается совместное влияние критериев P_1 и P_2 .

2.2 Определение остаточного ресурса деревянных конструкций при заданном уровне надежности

В данном диссертационном исследовании определение относительной надежности P_1 для расчета срока службы предложено с применением функции Лапласа, где индекс надежности определяется:

– параметрами кинетической теории прочности (энергия активации разрыва связей молекул, структурный коэффициент);

– величиной расчетного действующего и предельного напряжения.

Основное уравнение во всех случаях при расчете срока службы будет иметь следующий вид:

$$P = 0,5 + \Phi(\beta) \geq P_{min} \quad (2.3)$$

$\Phi(\beta)$ – функция Лапласа.

При определении срока службы в качестве переменной величины выступает время. Все остальные величины (энергия активации, структурный коэффициент, температура эксплуатации, напряжения, расчетные сопротивления) принимается

постоянными. За конечный результат расчета срока службы следует принимать минимальное из полученных значений срока службы.

Использование функции нормального распределения для прогнозирования надежности строительных конструкций во времени подтверждено не только теоретически, но и многочисленными экспериментальными исследованиями [116-120, 124, 135, 136, 180-190].

2.2.1 Определение срока службы по параметрам кинетической теории прочности

Для оценки срока службы по деградации прочностных свойств за основу был принят метод, используемый для определения величины остаточного ресурса металлических оболочек закрытых радионуклидных источников [135, 136].

Относительная надежность P_1 конструкции в течение срока службы конструкции рассчитывается по формуле:

$$P_1 = 0,5 + \Phi \left[\left(1 - x / x_{cp} \right) / v \right] \geq P_{min} \quad (2.4)$$

где v – коэффициент вариации случайной величины.

Значения x и x_{cp} в формуле (2.4) определяются из формулы долговечности:

$$\tau = \tau_0 \cdot \exp \left[(U_0 - \gamma \cdot \sigma) / (R \cdot T) \right] \quad (2.5)$$

Приведем выражение (2.5) к виду:

$$\frac{\tau}{\tau_0} = \exp (U_0 - \gamma \cdot \sigma) / (R \cdot T) \quad (2.6)$$

Прологарифмируем данное выражение:

$$\ln \frac{\tau}{\tau_0} = (U_0 - \gamma \cdot \sigma) / (R \cdot T) \quad (2.7)$$

Согласно [135, 136] переменные x и x_{cp} определяются:

$$x_{cp} = (U - \gamma \cdot \sigma) / (R \cdot T) \quad (2.8)$$

$$x = \ln (\tau / \tau_0) \quad (2.9)$$

Выражение (2.7) с учетом формул (2.8) и (2.9) примет вид:

$$\ln \frac{\tau}{\tau_0} = x = x_{cp} \quad (2.10)$$

Получается, что если учесть выражение (2.10), то значение P_1 в формуле (2.4) всегда будет равно 0,5. Это соответствует моменту разрушения конструкции.

Как видно из проведенных преобразований, классическое применение равенства (2.5) при подстановке переменных x и x_{cp} в формулу (2.4) всегда будет давать только время до разрушения. Однако, в реальности все характеристики строительных конструкций носят случайный характер и имеют некоторый диапазон значений. Поэтому определение срока службы можно осуществить как при $x < x_{cp}$, что соответствует одной из категорий технического состояния, так и при $x > x_{cp}$, что соответствует запроектным состояниям.

В рамках диссертационного исследования выполнены теоретические изыскания при $x \leq x_{cp}$. Рассмотрение запроектных состояний, при $x > x_{cp}$, будет являться предметом дальнейших исследований. Результаты исследований опубликованы в работе [175].

Предлагается следующий порядок расчета срока службы.

1. Определяются значения параметров U и γ по справочным данным или по результатам испытаний.

На основании данных испытаний удельная энергия активации определяется по формуле:

$$U_0 = \frac{2,3 \cdot R \cdot (\lg \tau)}{\left(\frac{1000}{T} \right)} \quad (2.11)$$

Рассчитываются значения U при заданных напряжениях и строится зависимость в координатах $U - \sigma$. При экстраполяции на $\sigma = 0$ определяется величина U_0 ; по тангенсу угла наклона прямой – значение γ .

2. Назначается температура эксплуатации.

3. Выполняются расчеты по всем видам напряженно-деформированного состояния, характерных для данного типа конструкций (например, для балок, по

нормальным и касательным напряжениям, проверка устойчивости плоской формы изгиба, по главным площадкам напряжений), согласно СП 64.13330.2017 [87]. По результатам расчета выбирается, то напряжение, которое имеет наибольший коэффициент использования.

4. Вычисляется переменная $x_{\text{ср}}$.

5. Назначается минимальное значение величины относительной надежности, соответствующее категории технического состояния, до которой ведется расчет.

6. Методом итераций по формуле (2.3) определяется срок службы конструкции τ , по достижению заданного уровня относительной надежности.

Как говорилось ранее (см. раздел 1.5), отличие применяемого для расчета срока службы вновь проектируемых деревянных конструкций метода по относительной надежности от того, что используют в атомной сфере [135, 136] заключается в том, что используется приведенное время неизменного действия расчетного напряжения с учетом режимов нагружения по таблице 4 СП 64.13330 [87].

2.2.2 Определение срока службы и остаточного ресурса по значениям действующих и предельных напряжений

Второй метод с применением функции Лапласа (2.3) предполагает осуществлять расчет срока службы по индексу надежности, который определяется по действующим и предельным значениям напряжений.

Индекс надежности β в этом случае определяется по формуле [136]:

$$\beta = \left(1 - \frac{\sigma_{\text{max}}}{\sigma_{\text{пред}}} \right) / \nu \quad (2.12)$$

Использование формулы (2.12) предполагает, что одна из величин является постоянной. Такой величиной в применяемых методиках [136] для расчета металлических оболочек капсул закрытых радионуклидных источников считают

предельные напряжения. Однако в реальности такое допущение является некорректным, поскольку не только расчетные напряжения являются переменной величиной, но и предельные напряжения, которые изменяются во времени. В связи с этим использование формулы (2.12) для материалов на основе древесины затруднительно, поскольку не ясен механизм определения коэффициента вариации в случае, когда обе величины переменны.

Поэтому определение индекса надежности необходимо выполнять не по формуле из методики [136], а по классической формуле:

$$\beta = \frac{m_g(t)}{S_g(t)} = \frac{m_y(t) - m_x}{\sqrt{S_y(t)^2 + S_x^2}} \quad (2.13)$$

где m_y и S_y – выборочное среднее и среднеквадратическое отклонение прочности древесины в момент времени t ;

где m_x и S_x – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение в нормальном сечении балки от суммы нагрузок,

В качестве развития существующего метода соискателем предлагается при определении m_y и S_y учитывать коэффициенты условий работы конструкций, а также изменение прочности материала древесины во времени. Для этого принимаем, что уравнение длительной прочности $m_{дл}$ имеет вид:

$$m_{дл} = \omega \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{\lg A} \right) \quad (2.14)$$

ω – коэффициент, определяемый графоаналитическим методом на основе экспериментальных данных в полулогарифмических координатах на основе экспериментальных данных.

Отличие формулы (2.14) от (1.59) заключается в том, что учитывается фактический угол наклона прямой $m_{дл} = f(\lg t)$, и значение коэффициента ω может отличаться от общепринятой величины 1,03 для всех деревянных конструкций.

Тогда уравнения для m_y и S_y будут иметь вид:

$$m_y(t) = m_\sigma \cdot \prod m_i \cdot \omega \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{\lg A} \right) \quad (2.15)$$

$$S_y(t) = S_\sigma \cdot \prod m_i \cdot \omega \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{\lg A}\right) \quad (2.16)$$

где m_σ и S_σ – математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение прочности древесины, определенные по результатам испытаний.

Подставляя уравнения (2.15) и (2.16) в формулу (2.14), получаем:

$$\beta = \frac{m_g(t)}{S_g(t)} = \frac{m_\sigma \cdot \prod m_i \cdot \omega \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{\lg A}\right) - m_x}{\sqrt{\left(S_\sigma \cdot \prod m_i \cdot \omega \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{\lg A}\right)\right)^2 + S_x^2}} \quad (2.17)$$

$\lg A$ определяется по формуле:

$$\lg A = \frac{U_0}{2,3 \cdot R \cdot T} - \lg \tau_0 \quad (2.18)$$

Необходимо отметить один важный момент при использовании формул (2.15) и (2.16). Коэффициент $m_{с.с.}$ в этих формулах не используется, поскольку вместо табличного значения коэффициента длительной прочности, применяется уравнение (2.14), которое учитывает особенности материала, температуру эксплуатации и вид напряженного состояния.

2.3 Обоснование возможности применения для оценки остаточного ресурса метода гамма-процентного ресурса с учетом физического износа

Самым распространенным методом расчета остаточного ресурса является метод определения гамма-процентного ресурса [100, 101, 191] на основании проведенного обследования и присвоения, по его результатам, категории технического состояния. Причина его повсеместного применения заключается в доступности данного метода. Каждой категории технического состояния соответствует определённое значение относительной надежности. Назначение категории технического состояния может производиться по величине физического износа, при этом определенному интервала физического износа соотносится определенная категория технического состояния конструкций [192]. Таким

образом, каждому конкретному интервалу физического износа можно соотнести и определенное значение относительной надежности. (см. табл. 2.1).

Таблица 2.1 – Значения относительной надежности и физического износа четырех категорий технического состояния [192]

Физический износ, %	Относительная надежность, y	Категория технического состояния
0-20	0,99	Нормативная
21-40	0,95	Работоспособная
41-70	0,85	Ограниченно-работоспособная
70 и выше	0,7	Аварийная

Проблема применение такого подхода заключается в том, что в данном случае не учитывается влияние конкретной величины физического износа на гамма-процентный ресурс. Это может привести неверным и противоречивым результатам определения остаточного ресурса. Например, если при периодическом обследовании раз в 5 лет фиксируется увеличение физического износа на 1% и назначается категория технического состояния как работоспособная, то согласно Методике [107] величина гамма-процентного ресурса наоборот увеличивалась бы с каждым периодом обследованием. Также при переходе от работоспособной к ограниченно-работоспособной категории технического состояния происходит резкий скачок значения гамма-процентного ресурса. Аналогично и для других категорий технического состояния конструкций. Устранение этих проблем является важной задачей для корректного расчета гамма-процентного ресурса и остаточного ресурса.

В рамках диссертационного исследования были проведены теоретические изыскания по совершенствованию существующей методики расчета остаточного ресурса по экспоненциальному распределению, а также в установлении зависимости относительной надежности P_2 . Результаты теоретических изысканий опубликованы в работе [176].

Было выдвинуто предположение, что имеется взаимосвязь между показателем P_2 и величиной физического износа. Каждому значению относительной надежности была присвоена своя величина физического износа. Результаты сведены в сводную таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Принятые значения физического износа и относительной надежности для каждой категории технического состояния

Категория технического состояния	Диапазон физического износа, % [192]	Принятое значения физического износа, отн. ед.	Относительная надежность
Нормативная	0-20	0	0,99
Работоспособная	21-40	0,2	0,95
Ограниченно-работоспособная	41-70	0,4	0,85
Аварийная	71 и выше	0,7	0,70

На основе данных соотношений определены коэффициенты и построено уравнение регрессии [176]:

$$P_2 = 1,0714 \cdot \Phi^3 - 1,3929 \cdot \Phi^2 + 0,0357 \cdot \Phi + 0,99 \quad (2.19)$$

где:

P_2 – относительная надёжность;

Φ – физический износ, д.е. (в долях единицы).

Ниже приведена последовательность выполнения расчета гамма-процентного ресурса по величине физического износа:

1. Определение величины физического износа деревянной строительной конструкции.

Поскольку на сегодняшний день в литературе [103-115, 193-196] отсутствуют сведения о физическом износе балочных конструкций из LVL, соискателем были разработаны таблицы физического износа для стропильной системы и балок междуэтажных перекрытий (см. табл. 2.3 и 2.4).

Таблица 2.3 – Стропильная система холодных чердаков с применением LVL

Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %	Примерный состав работ
-----------------	-----------------------	---------------------	------------------------

Группа 1. 1. Ослабление креплений, болтов, хомутов, скоб; повреждение деталей слуховых окон. 2. Несквозные поверхностные трещины суммарной длиной не более 1/3 длины детали. 3. Небольшое расслоение между листами шпона или непоклей, образовавшийся из-за наличия на шпоне смоляного кармашка, засмолка, сучка или прорости. 4. Поперечная покоробленность со стрелой прогиба не более 3 мм.	Повреждения на площади от 0 до 20 %	0 - 20	Ремонт креплений и деталей слуховых окон. Инъектирование трещин. Антисептирование стропильной системы с целью защиты от распространения мицелл грибка.
Группа 2. Все дефекты группы 1 (кроме 2 и 4) 2. Появление трещин в мауэрлате и концах стропильных ног, вблизи опорных узлов в средней части сечения, ослабление врубок и соединений при соотношении толщины LVL к 4. 4. Поперечная покоробленность со стрелой прогиба не более до 10 мм.	Повреждения на площади от 21 до 40 %	21 - 40	Установка гидроизолирующих прокладок под опорными подушками, мауэрлатом Армирование элементов стропильной системы, замена элементов, подверженных гниению выправка конструкций, крепление врубок. Обеспечение естественной вентиляции.
Группа 3. Все дефекты группы 2 (кроме 3) 2. Появление трещин в клеёной древесине стропил, увлажнение древесины 3. Расслоение между листами шпона на большую глубину.	Повреждения на площади от 41 до 60 %	41 - 60	Армирование элементов стропильной системы из клеёного бруса, замена элементов бруса клеёного из шпона
Группа 4. Все дефекты группы 3 2 Трещины шириной раскрытия более 4 мм клеёной древесины деталей крыши длиной более 1/3 длины детали. 5. Наличие дополнительных временных креплений стропильных ног.	Повреждения на площади от 61 до 100 % Прогиб балок и прогонов более 1/100 пролета	61-100	Полная замена деревянной конструкции крыши

Таблица 2.4 – Балки междуэтажных перекрытий из бруса клеёного из шпона

Признаки износа	Количественная оценка	Физический износ, %	Примерный состав работ
Группа 1. 1. Мелкие повреждения, грибковые образования и плесень на небольших участках	Повреждения на площади от 0 до 20 % Прогибы балок и настилов более 1/250 пролета	0-20	Затирка поверхности, нанесение антисептирующих средств
Группа 2. Все дефекты группы 1 2. Несквозные трещины в клеёных балках, зазоры и щели между черновым полом и клеёными деревянными балками.	Повреждения на площади от 21 до 40 % Прогибы балок и настилов от 1/250 до 1/150 пролета	21-40	Заделка щелей и зазоров.

Группа 3. Все дефекты группы 2 3. Частичное скалывание в узлах соединений балок с настилом. 4. Поражение гнилью верхних слоев шпона	Повреждения на площади от 41 до 60 % Прогиб балок и прогонов от $l/150$ до $l/100$ пролета	41-60	Усиление балок местами
Группа 4. Все дефекты группы 3 (кроме 4) 4. Поражение гнилью на большую глубину 5. Продольные и поперечные сквозные трещины	Повреждения на площади от 61 до 70 % Прогиб балок и прогонов от $l/100$ до $l/75$ пролета	61-70	Армирование мест образования трещин в клеёных балках. Усиление балок; разборка и ремонт части перекрытия
Группа 5. Все дефекты группы 4 6. Расслаивание клеёных балок,	Повреждения на площади от 71 до 80 % Прогиб балок и прогонов от $l/75$ до $l/50$ пролета	71-80	
Группа 6. Все дефекты группы 5 (кроме 4) 4. Поражение гнилью на всю глубину 7. Полное скалывание в узлах соединений балок,	Повреждения на площади от 81 до 100 % Прогиб балок и прогонов более $l/50$ пролета	81-100	Полная замена балок

2. По величине износа определяется относительная надежность для четырех категорий технического состояния по формуле (2.19).

3. Назначение категории технического состояния.

Категория технического состояния назначается в зависимости от величины относительной надежности в следующих интервальных значениях [176]:

0,99÷0,951 – нормативная;

0,95÷0,851 – работоспособная;

0,85÷0,801 – ограниченно-работоспособная;

0,8÷0,7 – аварийная.

При достижении конструкцией предельного состояния, относительная надежность становится менее 0,7, остаточный ресурс в таком случае приравнивается к нулю.

4. Расчет остаточного ресурса.

Расчет выполняется по методу гамма-процентного ресурса до капитального ремонта по формуле:

$$t = \frac{k}{\lambda} \quad (2.20)$$

где λ – постоянная физического износа, определяемое по уравнению:

$$\lambda = -\frac{\ln P_2}{t_{\text{эксн}}} \quad (2.21)$$

где k – показатель, определяемый по формуле:

$$k = \ln P_{\min} \quad (2.22)$$

$P_{\min}$ – минимальное значение относительной надежности, задаваемое при расчете.

В практике расчета остаточного ресурса наиболее часто применяют следующие значения показателя k [101]:

– 0,162 при $P_{\min} = 0,85$;

– 0,22 при $P_{\min} = 0,80$.

Алгоритм расчета можно представить в виде блок-схемы (см. рис. 2.1).

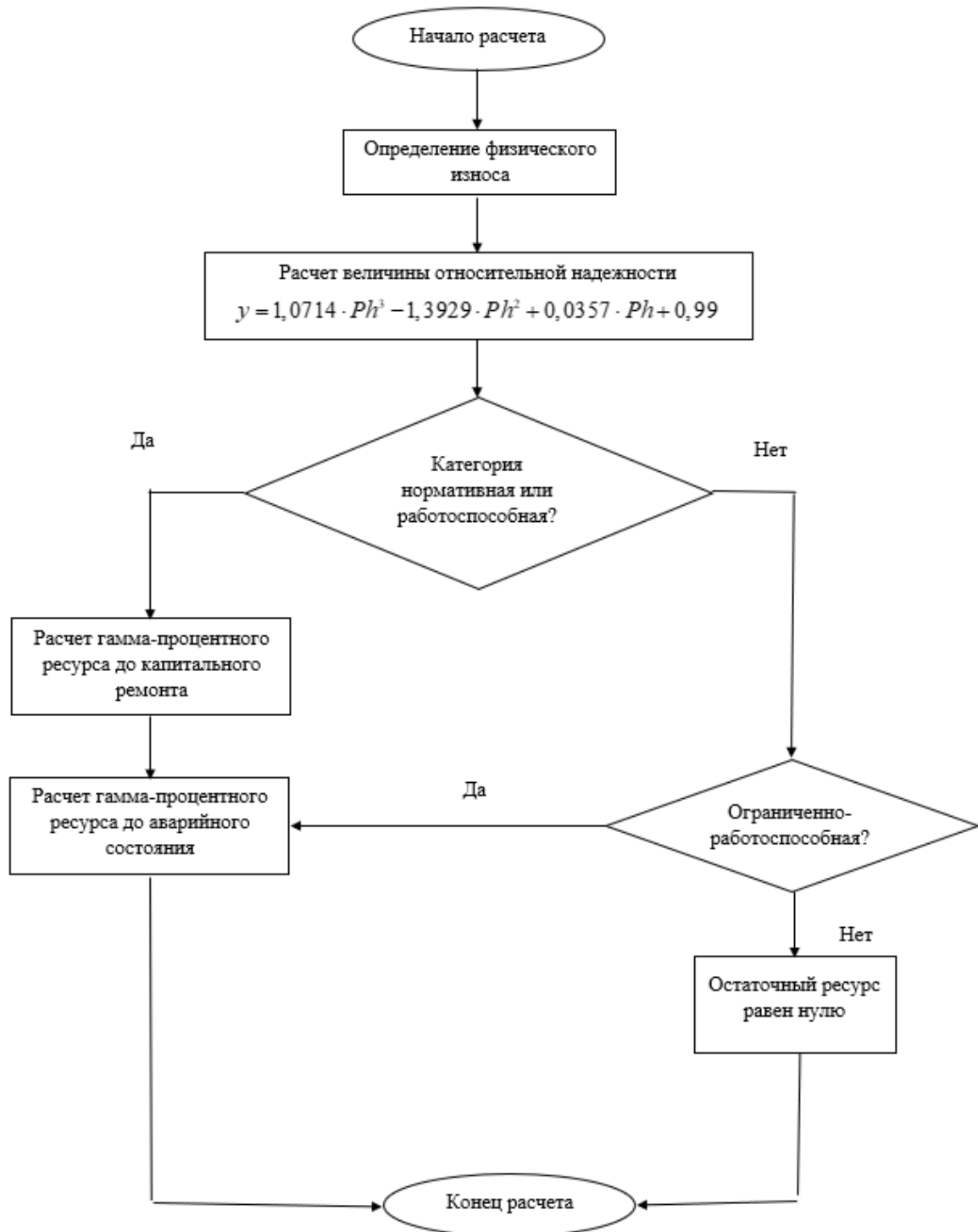


Рисунок 2.1 – Блок-схема расчета остаточного ресурса по уточненной методике определения гамма-процентного ресурса

Данный метод можно использовать для оценки влияния окружающей среды на этапе проектирования. Для этого необходимо ввести предположение, что в течение всего расчетного срока службы постоянная физического износа в среднем

остается неизменной во времени. В этом случае, для вновь проектируемых конструкций при $n = 2$ зависимость P_2 примет вид:

$$P_2 = \exp[-\lambda \cdot t] \quad (2.23)$$

Причина неприменимости формулы (2.19) для балочных конструкций из LVL при определении срока службы при $n = 2$ на этапе проектирования заключается в том, что в общем случае физический износ является функцией от времени. Ввиду недостаточности статистических данных вид данных функций для новых конструкций неизвестен. Разработка таких зависимостей физического износа от времени эксплуатации для LVL-конструкций является предметом дальнейших исследований.

2.4 Исследование влияния деградации прочностных свойств и физического износа на обобщенный показатель относительной надежности конструкций

Представленные в предыдущих разделах методы расчета срока службы и остаточного ресурса учитывали только один показатель: показатель деградации прочностных свойств или величины физического износа.

При $n = 2$, когда учитывается совместное влияние критериев P_1 и P_2 формула (2.2) принимает вид:

$$P = \sqrt{P_1 \cdot P_2} \geq P_{min} \quad (2.24)$$

Подставляя в уравнение (2.24) формулы для оценки обобщенного показателя относительной надежности получим:

$$P = \sqrt{(0,5 + \Phi(\beta)) \cdot \exp[-\lambda \cdot t]} \geq P_{min} \quad (2.25)$$

Срок службы по уравнению (2.25) определяется методом итераций.

На основе разработанной концепции был предложен алгоритм расчета сроков службы и остаточного ресурса для вновь возводимых и находящихся в эксплуатации конструкций, блок-схема которого приведена на рисунке 2.2.

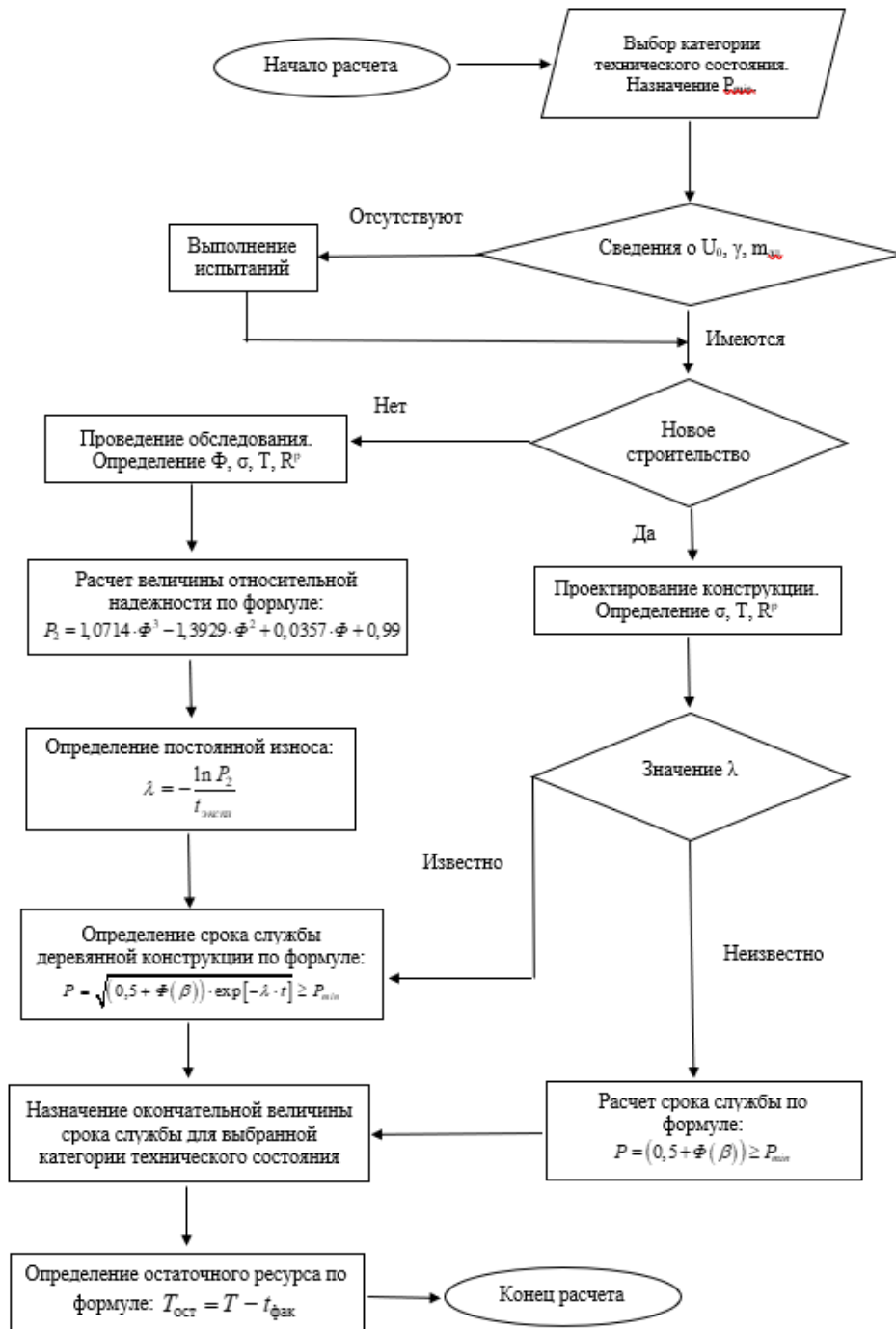


Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритма расчета срока службы и остаточного ресурса

Последовательность действий.

1. Для расчета срока службы деревянных конструкций при проектировании вновь возводимых зданий и сооружений при $n = 1$ следует принимать минимальную величину относительной надежности соответствующей категории технического состояния, до которой ведется расчет:

а) работоспособное – $P_{\min} = 0,99865$;

б) ограниченно-работоспособное – $P_{\min} = 0,95450$;

в) аварийное – $P_{\min} = 0,68269$.

Приведенные величины приняты в соответствии с СП 64.13330 [87], с той лишь разницей, что в указанном документе они прописаны как вероятность безотказной работы, что является некорректным утверждением, а в диссертационном исследовании они соотнесены с показателем относительной надежности.

Для конструкций, находящихся в эксплуатации, при $n = 1$, относительная надежность равна:

- для ограниченно-работоспособной – $P_{\min} = 0,85$;
- для аварийной – $P_{\min} = 0,80$.

При $n = 2$ как для вновь проектируемых, так и для находящихся в эксплуатации $P_{\min} = 0,80$.

2. По справочным данным определяются значения термофлуктуационных констант U_0 , γ и коэффициент длительной прочности ($m_{дл}$).

3. В случае отсутствия таких сведений выполняются экспериментальные исследования.

4. Для вновь возводимых конструкций при выполнении проектирования определяются значения расчетного сопротивления и действующего напряжения, устанавливается температура эксплуатации.

5. Если для вновь возводимых конструкций известно значение параметра λ , то расчет выполняется по формуле (2.25), иначе расчет ведется по формуле (2.3).

6. Для конструкций, находящихся в эксплуатации, по результатам обследования определяются значения расчетного сопротивления и действующего напряжения, температура эксплуатации и величина физического износа на основании визуального обследования.

7. Выполняется расчет P_2 по формуле (2.19).

8. Определяется постоянная износа по формуле (2.21).

9. Выполняется расчет срока службы по формуле (2.25).

10. Если расчет ведется по нескольким показателям деградации прочностных свойств (по параметрам кинетической теории прочности и действующим и

пределным напряжениям), то назначается окончательная величина срока службы равное минимальному из полученных значений для данной категории технического состояния.

11. Для конструкций, находящихся в эксплуатации, определяется величина остаточного ресурса, равное разнице между полученным значением срока службы и временем эксплуатации.

Для проектируемых конструкций срок службы равен остаточному ресурсу.

Таким образом, следуя данному алгоритму можно определить срок службы и остаточный ресурс балочных конструкций из LVL как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации.

2.5 Влияние скорости нагружения на прочность LVL

Уравнение кинетической концепции разрушения твердых тел для задач, связанных с экспериментальным определением сопротивления материалов при различных напряженных состояниях, представляется в форме [35, 138]:

$$\tau = A \cdot e^{-\alpha \cdot \sigma}, \quad (2.26)$$

где A , α – постоянные, зависящие от материала и вида напряженного состояния.

В случае, если испытуемый образец нагружается силой, линейно возрастающей с постоянной скоростью до разрушения, а следовательно, и напряжения в нем также с течением времени возрастают линейно, то предел прочности может быть определен по формуле:

$$\sigma_i = w_i \cdot t_i, \quad (2.27)$$

где σ_i – предел прочности при данной скорости возрастания нагрузки, МПа;

w_i – скорость возрастания нагрузки (напряжений), МПа/с;

t_i – приведенное время до разрушения при данной скорости возрастания нагрузки, с.

Тогда уравнение (2.26) можно переписать так:

$$\tau_i = A \cdot \exp \left[\frac{1}{\alpha \cdot w_i \cdot t_i} \right], \quad (2.28)$$

При возрастании нагрузки за каждый промежуток времени убывает часть ресурса материала конструкции. На основании необратимости процесса разрушения, постулируется, что оно окончательно наступает, когда сумма относительных уменьшений ресурса $\Delta t_i/\tau$ достигнет единицы [197]. Иначе говоря, при линейном законе роста напряжений можно записать следующую зависимость:

$$\int_0^t \frac{dt}{\tau[\sigma(t)]} = 1, \quad (2.29)$$

С учетом выражения (2.28):

$$\int_0^t \frac{dt}{A \cdot e^{-\alpha \cdot w \cdot t}} = 1, \quad (2.30)$$

Проинтегрировав уравнение (2.30), получим

$$\frac{1}{\alpha \cdot w} \cdot \left[\frac{1}{\tau} - \frac{1}{A} \right] = 1, \quad (2.31)$$

или

$$\frac{1}{\tau} - \frac{1}{A} = \alpha w. \quad (2.32)$$

Как правило, величина A существенно превышает τ [197], откуда получается, что:

$$\frac{1}{\tau} - \frac{1}{A} \approx \frac{1}{\tau}, \quad (2.33)$$

Тогда долговечность при линейно возрастающей нагрузке определяется по формуле (2.28), что приводится во многих источниках [197-199]:

$$\tau_i = \frac{1}{\alpha \cdot w_i} = \frac{t_i}{\alpha \cdot \sigma_i}, \quad (2.34)$$

В случае с новыми материалами, долговечность которых не исследована, то применение выражений (2.28) или (2.34) затруднено.

Однако, согласно данным главы 1 время до разрушения можно определить по результатам испытаний образцов на различных скоростях нагружения. Пусть испытания проводятся со скоростями возрастания нагрузки:

$$w_i > w_j > w_k, \quad (2.35)$$

тогда

$$\left. \begin{array}{l} t_i < t_j < t_k, \\ \tau_i < \tau_j < \tau_k \end{array} \right\}. \quad (2.36)$$

Причем, можно предположить, что пределы прочности должны получаться соответственно

$$\sigma_i > \sigma_j > \sigma_k. \quad (2.37)$$

Графически зависимость « $\sigma - \lg \tau$ » представляет собой прямую с правым наклоном (нисходящую), т.к. прочность со временем уменьшается. Тогда характеристикой этой прямой может выступать угол ее наклона, тангенс которого возможно определить по формуле:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sigma_i - \sigma_k}{\lg \tau_k - \lg \tau_i} = \frac{\sigma_i - \sigma_k}{\lg(\tau_k / \tau_i)}. \quad (2.38)$$

Или по (2.40):

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sigma_i - \sigma_k}{\lg(w_i / w_k)}. \quad (2.39)$$

Для прямой долговечности справедливо уравнение:

$$\alpha = \frac{2,3 \lg(w_i / w_k)}{\sigma_i - \sigma_k}. \quad (2.40)$$

Следовательно

$$\alpha = \frac{2,3}{\operatorname{tg} \varphi}, \quad (2.41)$$

тогда

$$\tau_k = \frac{\sigma_i - \sigma_k}{w_k \cdot 2,3 \lg(w_i / w_k)}. \quad (2.42)$$

Скорости возрастания нагрузки w_1 , w_2 , w_3 устанавливаются из поисковых опытов и должны составлять порядка $(0,01 \div 10)w_0$ МПа/с. Значения скоростей возрастания нагрузки w_1 , w_2 , w_3 должны соответствовать условию (2.43):

$$\left. \begin{array}{l} w_1 \gg w_0, \\ w_2 \ll w_0, \\ w_3 \ll w_0, \\ w_2 > w_3 \end{array} \right\}. \quad (2.43)$$

Таким образом, выполняя исследование прочности LVL с различными скоростями возрастания нагрузки и рассчитывая приведенное время испытаний, возможно определить коэффициент длительной прочности для различных видов напряженных состояний. Подробные сведения об ускоренном методе представлено в главе 3.

Для верификации метода необходимо провести сравнительный анализ результатов ускоренных испытаний и данных, полученных прямым методом длительной прочности [168].

2.6 Выводы по второй главе

1. Разработан усовершенствованный вероятностный метод расчета срока службы и остаточного ресурса с применением функции Лапласа, где индекс надежности представлен параметрами термофлуктуационной теории прочности, действующими и предельными напряжениями. Преимуществом нового метода по сравнению с существующим является то, что он оценивает срок службы с учетом приведенного времени действия нагрузки. Таким образом, получаемые результаты расчета срока службы и остаточного ресурса можно трактовать как достоверными с вероятностью или относительной надежностью не ниже заданной, т.е. не ниже установленного уровня надежности. Использование разработанного метода расчета срока службы деревянных конструкций в практике проектирования даст возможность оптимизировать конструктивные параметры, для полного исчерпания ресурса к концу расчетного срока службы.

2. Установлена математическая зависимость относительной надежности и физического износа, что является дальнейшим развитием метода определения гамма-процентного и остаточного ресурса. Применение усовершенствованного метода даёт возможность более корректного определения остаточного ресурса и срока службы до момента достижения ограниченно работоспособного и аварийного технического состояний деревянных конструкций. Это позволит оценить экономическую целесообразность и эффективность выполнения капитальных ремонтных работ, повысить безопасность дальнейшей эксплуатации деревянных конструкций.

3. Предложен алгоритм расчета сроков службы и остаточного ресурса для вновь возводимых и находящихся в эксплуатации конструкций. Это позволит определять срок службы и остаточный ресурс балочных конструкций из LVL как на этапе проектирования, так и на этапе эксплуатации.

4. Для подтверждения результатов теоретических исследований на примере балочных LVL-конструкций необходимо провести экспериментальные исследования по определению длительной прочности клееного однонаправленного шпона ускоренным методом с верификацией полученные результатов прямым методом. На основе экспериментальных данных испытания балок из LVL используя разработанный алгоритм произвести оценку их несущей способности и сроков службы.

ГЛАВА 3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ И ОРГАНИЗАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ, СРОКА СЛУЖБЫ И ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Чтобы применить разработанные в предыдущей главе методы определения срока службы и остаточного ресурса деревянных конструкций необходимо использовать данные по длительной прочности и значения термофлуктуационных констант. Для конструкций из LVL подобные сведения на сегодняшний день отсутствуют. Проблема при определении их значений заключается в том, что необходимо проводить прямые длительные и трудоемкие испытания. В связи с этим разработан ускоренный метод испытаний, который позволяет снизить время проведения экспериментальных исследований за счет использования результатов кратковременных испытаний, полученных при разных скоростях нагружения.

В данной главе приведены общие методические положения по планированию и организации экспериментальных исследований по определению влияния толщины и угла наклона волокон к действию силы на предел прочности LVL при растяжении, длительной прочности, долговечности и сроков службы элементов LVL-конструкций. Приведено описание опытных образцов, измерительного и силового оборудования, параметры нагружения. Изложены требования к образцам, описана процедура проведения испытаний.

3.1 Образцы, оборудование для выполнения кратковременных и длительных испытаний клееного однонаправленного шпона на растяжение

Для испытаний выбраны образцы из LVL (марки Ultralam) многослойный клееный из шпона брус Типа 1 по ГОСТ 33124 [88]. Все слои шпона имеют параллельное направление волокон древесины, который используется для несущих конструкций.

Толщина LVL, мм: 30, 39, 45, 51 и с углом наклона волокон 0° , 30° , 45° , 60° .
Материал шпона: ель.

Стандартные образцы для испытаний выпиливают из LVL с размерами, обозначенными на рисунке 3.1.

Общее количество образцов рассчитывается следующим образом: 10 образцов из одного материала шпона, имеющих одну толщину.

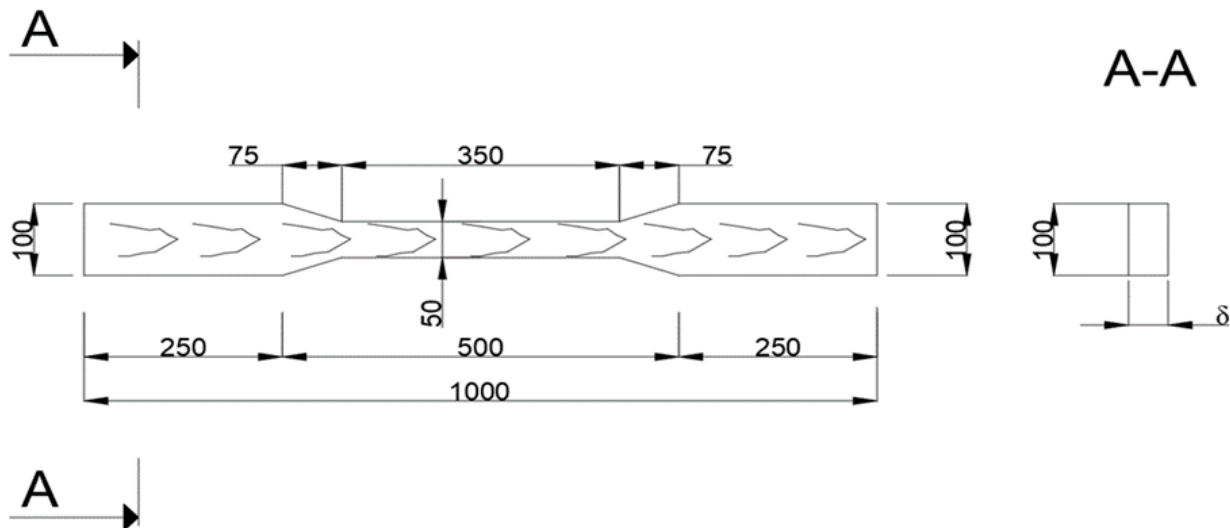


Рисунок 3.1 – Чертеж образцов из LVL при различных углах наклона волокон для кратковременных испытаний при стандартной скорости нагружения

Количество образцов выбрано из расчёта; на один угол наклона волокон – 4 толщины x 10 повторений = 40 штук. Общее количество $40 \times 4 = 160$ штук.

Для испытаний при различных скоростях нагружения использовались образцы толщиной 39 мм и с углом наклона волокон 60° с размерами, обозначенными на рисунке 3.2.

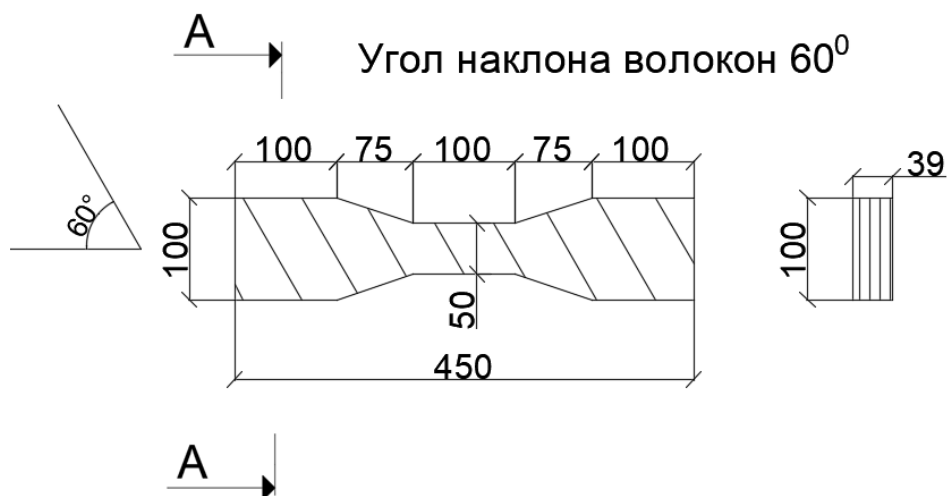


Рисунок 3.2 – Чертеж образцов из LVL толщиной 39 мм и с углом наклона волокон 60° при испытаниях при различных скоростях нагружения

Любой размер в этих пределах должен быть выдержан по всему образцу с отклонением не более ± 1 мм (за исключением длины образца). Предельные отклонения от номинальных размеров длины образцов не должны превышать ± 5 мм.

Все используемое при испытаниях измерительное оборудование поверено. Ниже представлен список оборудования, используемого при проведении комплекса экспериментальных исследований:

- испытательная машина универсальная электромеханическая машина Instron-5989, позволяющая проводить испытания со скоростью нагружающей головки от 0,001 до 600 мм/мин в диапазоне нагрузок от 0,01 – 600 кН, погрешность измерения усилия 0,5%;
- сервогидравлическая испытательная машина с компьютерным управлением POWERTEST U-600;
- динамометр растяжения электронный с диапазоном измерения 30-300 кН, погрешность измерений 0,5%;
- штангенциркуль; диапазон измерения: 0-300 мм; цена деления: 0,05 мм; погрешность измерения: 30 мкм;
- линейка измерительная, диапазон измерения 0-300 мм, цена деления 1 мм;
- камера GoPro HERO7 Black;
- весы высокого (II) класса точности по [200] с пределом измерения от 0 до 500 гр., цена деления 0,001 г, точность измерения 0,001 гр.;
- испытательная камера «Тепло – Холод – Влага» серии KTXB-300;
- прогибомеры 6ПАО ТУ 4273-095-59489947-2007 (либо аналог), цена деления 0,01 мм, погрешность 0,03 мм.

3.2 Методические положения экспериментальных исследований длительной прочности клееного однонаправленного шпона при растяжении

Экспериментальные исследования длительной прочности LVL проводятся поэтапно. Перед проведением испытаний образцы кондиционируют при температуре окружающей среды (20 ± 2) °C и относительной влажности воздуха (65 ± 5) % до приобретения образцами нормальной (или равновесной) влажности. Затем с целью контроля выполняется определение плотности и влажности испытываемых образцов LVL.

После этого проводится определение временных сопротивлений при машинных испытаниях с линейно возрастающей нагрузкой со стандартной скоростью перемещения нагружающего приспособления 4 мм/мин. На следующем этапе проводятся аналогичные испытания с изменением скоростей возрастания нагрузки. Выбираются такие режимы нагружения, при которых общее время испытания будет как меньше, так и больше стандартного.

Полученные при стандартных кратковременных машинных испытаниях с линейно изменяющейся во времени нагрузкой экспериментальные данные по длительной прочности и долговечности верифицируются прямым методом, т.е. с приложением постоянной во времени нагрузки.

3.2.1 Определение плотности и влажности LVL

Влажность LVL определяют в соответствии с [201] для образцов всех серий испытаний. Сущность метода заключается в определении взвешиванием массы воды в образце и вычислении в процентах ее отношения к массе образца после высушивания до абсолютно сухого состояния. При определении влажности образцы взвешивают в соответствии с требованиями [202]. Взвешенные образцы высушивают в сушильном шкафу с естественной циркуляцией воздуха при 103 ± 2 °C до постоянной массы. Окончание высушивания устанавливают по изменению массы двух-трех контрольных образцов повторными взвешиваниями через каждые 6 ч. Массу образцов считают постоянной и высушивание прекращают, когда разница между двумя контрольными взвешиваниями будет не более 0,1 % массы образцов.

Влажность образцов определяется по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2}, \quad (3.1)$$

где m_1 – начальная масса образца, кг (г);

m_2 – масса образца, высушенного до постоянной массы, кг (г).

Плотность образцов LVL для испытаний определяют в соответствии с [201]. Сущность метода заключается в определении массы образца взвешиванием, объема - измерением и вычислении отношения массы образца к его объему. При определении плотности образцы взвешивают и измеряют в соответствии с требованиями [202]. Толщину образцов измеряют в четырех точках – углах квадрата со стороной 50 мм (расстояния до кромок образца – 25 мм). За толщину образца принимают среднее арифметическое результатов четырех измерений. Длину и ширину образца измеряют в двух местах параллельно кромкам на расстоянии 25 мм от них. За длину и ширину образца принимают среднее арифметическое результатов двух измерений.

Плотность образцов определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m_1}{b \cdot l \cdot s}, \quad (3.2)$$

где m_1 – начальная масса образца, кг (г); l – длина образца, м (см); b – ширина образца, м (см); s – толщина образца, м (см).

3.2.2 Определение пределов прочности при растяжении

Испытание проводится в соответствии с ГОСТ 33124 [88].

Схема испытания представлена на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Схема кратковременных испытаний образцов LVL при растяжении с нагрузкой, изменяющейся во времени по линейному закону

Нагружение осуществляют до разрушения образца непрерывно действующей нагрузкой со скоростью перемещения нагружающего приспособления 4 мм/мин. По результатам испытаний выполняется графическое построение зависимости «нагрузка-деформация растяжения» для контроля разрушающей нагрузки. Деформация растяжения образца определяется автоматически по перемещению нагружающего приспособления.

Прочность при растяжении вдоль волокон и под углом до 5^0 древесины R_p определяют по формуле:

$$R_p = k \cdot \frac{F_{max}}{A} \quad (3.3)$$

При растяжении под углом к волокнам более 5^0 прочность определяется:

$$R_p = \frac{F_{max}}{A} \quad (3.4)$$

где A – площадь поперечного сечения образца, мм².

k – коэффициент, учитывающий влияние масштабного фактора, определяемы по формуле:

$$k = \left(\frac{L_0}{3000} \right)^{\frac{s}{2}} \quad (3.5)$$

где L_0 – длина образца между захватами испытательной машины, мм;

s – параметр размерного эффекта, получаемый по следующей формуле [87]:

$$s = 2 \cdot v - 0,05 \quad (3.6)$$

где v – коэффициент вариации результатов испытаний.

3.2.3. Верификация значений экспериментальных данных прямым методом испытания

Кратковременные испытания образцов проводились с целью определения прочности LVL от кратковременного действия нагрузки. Для исследования длительной прочности принимается 3 уровня нагружения, равные значениям

напряжений $1,0R^{BP}$, $0,8R^{BP}$ и $0,7R^{BP}$ от предела прочности, полученного при стандартной скорости нагружения.

Эксперимент по определению длительной прочности LVL прямым методом проводится в лаборатории СПбГАСУ. Условия проведения: влажность воздуха варьируется от 65-67%, а температура в помещении достигает 21 градуса.

Для проведения прямых длительных испытаний были выбраны те же образцы LVL толщиной 39 мм и с углом наклона волокон 60° , для которых выполнялись кратковременные испытания.

Описание методики исследования длительной прочности LVL на растяжение прямым методом на разработанной экспериментальной установке (рисунок 3.4):

- Психрометром замеряется влажность и температура лаборатории, влажность воздуха должна поддерживаться в пределах $(65 \pm 5) \%$, а температура $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.
- Нижняя часть образца (2) крепится к силовому полу с помощью карабина (1).
- Для увеличения нагрузки на образец, используется полиспаст (5).
- Для измерения значений нагрузки, используется динамометр (4), который располагается между полиспастом и LVL-образцом.
- К испытываемому образцу подвешивается груз (6), масса подвешиваемого к образцу груза согласно необходимого уровня напряжений.
- Под грузом устанавливаются демпферные пружины (8), чтобы погасить инерцию при падении веса.
- Для безопасности окружающего пространства, устанавливается ограждение (7).
- Полиспаст крепится с помощью карабинов к двутавровой балке монорельса (9).

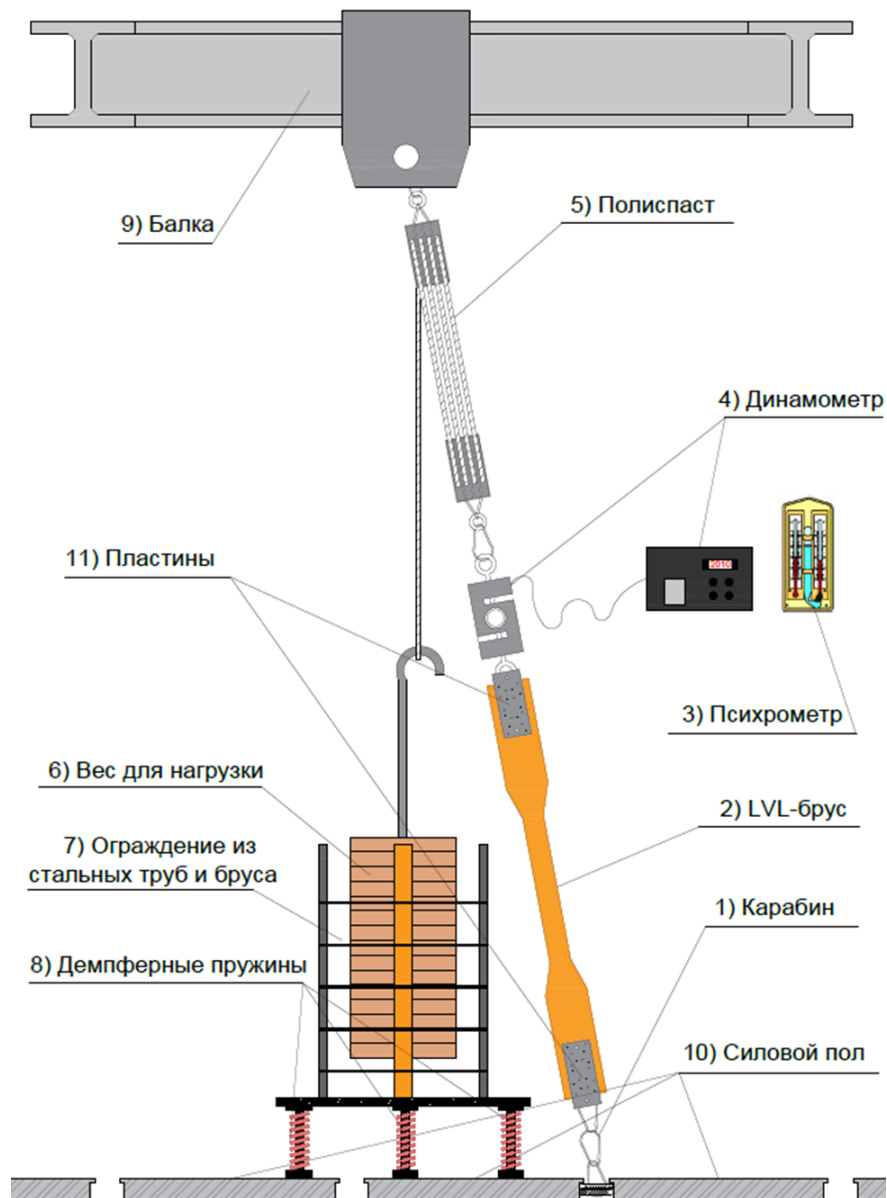


Рисунок 3.4 – Схема экспериментальной установки для определения длительной прочности LVL-образцов при растяжении

В связи с тем, что разрушение образцов может происходить в произвольный момент времени для фиксации времени до разрушения используется камера GoPro HERO7 Black с режимом непрерывной съемки последовательности фото (таймлапс-фото) с интервалом съемки 60 сек. Для оперативного наблюдения удаленно онлайн использована программа TEAMS.

3.3 Ускоренный метод определения длительной прочности на растяжение при различных углах наклона волокон LVL

На основании разработанных методических положений предложен ускоренный метод определения длительной прочности, который распространяется на древесину многослойную клееную из шпона при испытаниях на растяжение и заключается в следующем:

1) Отбор и подготовка образцов осуществляются по ГОСТ 33124 [88]. Размеры и форма образцов принимаются в зависимости от вида напряженного состояния, угла наклона волокон и толщины листа.

2) Испытания проводятся на четырех сериях образцов, идентичных друг другу. Количество образцов каждой серии – не менее 10 шт.

3) Перед проведением испытаний образцы кондиционируют при температуре окружающей среды (20 ± 2) °С и относительной влажности воздуха (65 ± 5) % до приобретения образцами нормальной (или равновесной) влажности.

4) Согласно ГОСТ 9621 [201] выполняется определение плотности и влажности испытуемых образцов методом взвешивания до и после высушивания.

5) Схемы испытаний по определению прочности LVL принимаются в соответствии с ГОСТ 33124 [88].

6) Устанавливаются скорости возрастания нагрузки при машинных испытаниях (по перемещению активного захвата нагружающего устройства).

7) В ходе испытаний фиксируются максимальная нагрузка при разрушении образца и время ее достижения.

8) Временное сопротивление LVL при растяжении под различными углами наклона волокон определяется по формулам (3.3-3.6).

9) Выполняется пересчет значений скоростей возрастания нагрузки по перемещению активного захвата нагружающего устройства w_i (мм/мин) к скоростям возрастания нагрузки по росту напряжений w_i^* (МПа/с):

$$w_i^* = \frac{R_i}{t_i}, \quad (3.7)$$

где t_i – время достижения максимального (разрушающего) значения нагрузки.

10) Для постоянной α , зависящей от материала и вида напряженного состояния, вычисляются частные показатели α_{ij} по различным скоростям возрастания нагрузки:

$$\alpha_{ij} = \frac{2,3 \lg(w_i/w_j)}{R_i - R_j}. \quad (3.8)$$

11) Определяется среднее геометрическое частных показателей α_{ij} по формуле:

$$\alpha_m = \sqrt[n]{\prod \alpha_{ij}}. \quad (3.9)$$

12) С использованием указанной величины α_m определяется долговечность LVL τ_i при данной скорости возрастания нагрузки:

$$\tau_i = \frac{1}{\alpha_m \cdot w_i^*}. \quad (3.10)$$

13) Определяется удельная энергия активации U по формуле:

$$U = \frac{2,3 \cdot R \cdot (\lg \tau)}{\left(\frac{1000}{T} \right)} \quad (3.11)$$

14) Строится зависимость в координатах $U - \sigma$. При экстраполяции на $\sigma = 0$ определяется величина U_0 .

15) Рассчитывается $\lg A$ по формуле:

$$\lg A = \frac{U_0}{2,3 \cdot R \cdot T} - \lg \tau_0 \quad (3.12)$$

16) Строится уравнение коэффициента длительной прочности:

$$m_{\partial l} = \omega \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{\lg A} \right) \quad (3.13)$$

3.4 Статистическая обработка и анализ опытных данных

Для оценки полученных данных определяются пять основных выборочных характеристик: среднее арифметическое, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации и относительную точность.

Выборочное среднее арифметическое по формуле:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i, \quad (3.14)$$

X_i – значение испытываемого свойства;

n – количество образцов.

Выборочное среднее квадратическое отклонение по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (3.15)$$

Среднюю ошибку выборочного среднего арифметического по формуле:

$$S_r = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3.16)$$

Выборочный коэффициент вариации в процентах по формуле:

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (3.17)$$

Относительную точность определения выборочного среднего по формуле:

$$P_y = \frac{S_r \cdot t_y}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (3.18)$$

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ LVL ПРИ РАСТЯЖЕНИИ.

4.1 Определение физических характеристик

Определение влажности и плотности испытываемых образцов проводилось с целью уточнения их значений при температурно-влажностных условиях лабораторных помещений, в которых выполнялись экспериментальные исследования.

Определение влажности образцов

Испытания проводились согласно методике, описанной в главе 3.

Высушивание образцов выполнялось в испытательной камере «Тепло – Холод – Влага» серии КТХВ-300 (см. рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – а) Общий вид испытательной камеры «Тепло – Холод – Влага» серии КТХВ-300; б) образцы, помещенные для высушивания при определении влажности

Взвешивание проводилось на весах (см. рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Измерение массы образца на весах высокого (II) класса точности при определении их влажности

Результаты представлены в таблице 4.1.

Таблицы 4.1 – Результаты испытаний образцов для определения влажности

№ образца	Размеры образцов, мм			m_1 , г	m_2 , г	Влажность, %	Среднее значение влажности, %
	ширина	длина	высота				
26	99,88	100,05	30,703	161,18	148,05	8,87	8,92
27	100,56	100,20	30,810	168,74	154,60	9,14	
28	100,52	99,94	30,775	162,08	148,70	9,00	
29	100,46	99,54	30,940	169,28	155,65	8,755	
30	99,85	100,49	30,680	168,51	154,85	8,824	

По результатам испытаний было установлено, что влажность испытуемых образцов находилась в пределах $8,7 \div 9,2$ %.

Определение плотности образцов

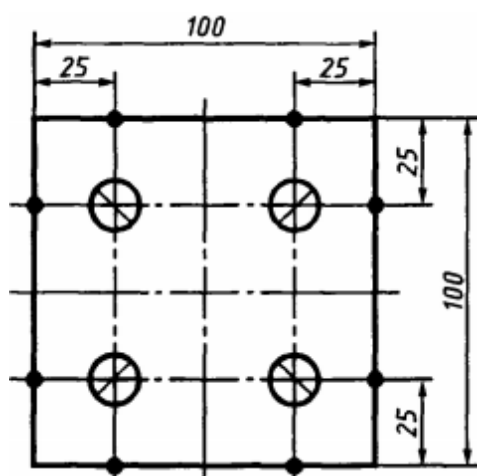
Для определения плотности были изготовлены образцы размерами 100x100x30 мм (см. рис. 4.3), согласно требованиям ГОСТ 9621 [201].



Рисунок 4.3 – Образцы из LVL для определения плотности

Схема и фотография образца при выполнении замеров его толщины представлены на рисунке 4.4.

а)



б)



Рисунок 4.4 – Измерение толщины образца для определения плотности:

- а) схема измерения толщины образца для определения плотности;
б) фотография образца с нанесенными точками для измерения толщины

Результаты испытаний представлены в таблице 4.2.

Таблицы 4.2 – Результаты испытаний образцов по определению плотности

№ образца	Размеры образцов, мм							m ₁ , г	Плотность, кг/м ³
	ширина	длина	замеры толщины				Средняя толщина		
			№ 1	№ 2	№ 3	№ 4			
21	99,88	100,05	30,92	30,79	30,49	30,61	30,70	161,18	525
22	100,56	100,20	30,70	30,71	30,85	30,98	30,81	168,74	543
23	100,52	99,94	30,76	30,98	30,58	30,78	30,78	162,08	524
24	100,46	99,54	30,98	30,83	30,94	31,01	30,94	169,28	547
25	99,85	100,49	30,83	30,65	30,73	30,51	30,68	168,51	547

По результатам статистической обработки результатов испытаний получены следующие характеристики:

Среднее значение плотности: 537 кг/м^3 .

Среднее квадратическое отклонение: 12 кг/м^3 .

Средняя ошибка выборочного среднего арифметического: 5 кг/м^3 .

Коэффициент вариации: 2,2 %. Относительная точность: 0,98 %.

По результатам испытаний установлена плотность испытуемых образцов, равная $537 \pm 12 \text{ кг/м}^3$.

4.2 Исследование влияния угла наклона волокон на прочность LVL при растяжении

Испытания проводились в соответствии с методикой, изложенной в главе 3.

Результаты выполненных исследований опубликованы в работе [203].

Перед испытаниями для каждого образца выполнялись измерения геометрических размеров. Все измерения проводились после кондиционирования образцов.

В помещении, где проводились испытания, температура воздуха составляла $+20,2 \div 21,9$ °С, а влажность была в пределах $62 \div 69$ %. Контроль температуры и влажности осуществлялся при помощи гигрометра психрометрического ВИТ-2. Количество наблюдений в каждом опыте было равно 10. Испытания проводились в секторе механических испытаний строительных конструкций испытательного центра СПбГАСУ на универсальной электромеханической машине Instron-5989 (см. рисунок 4.5).

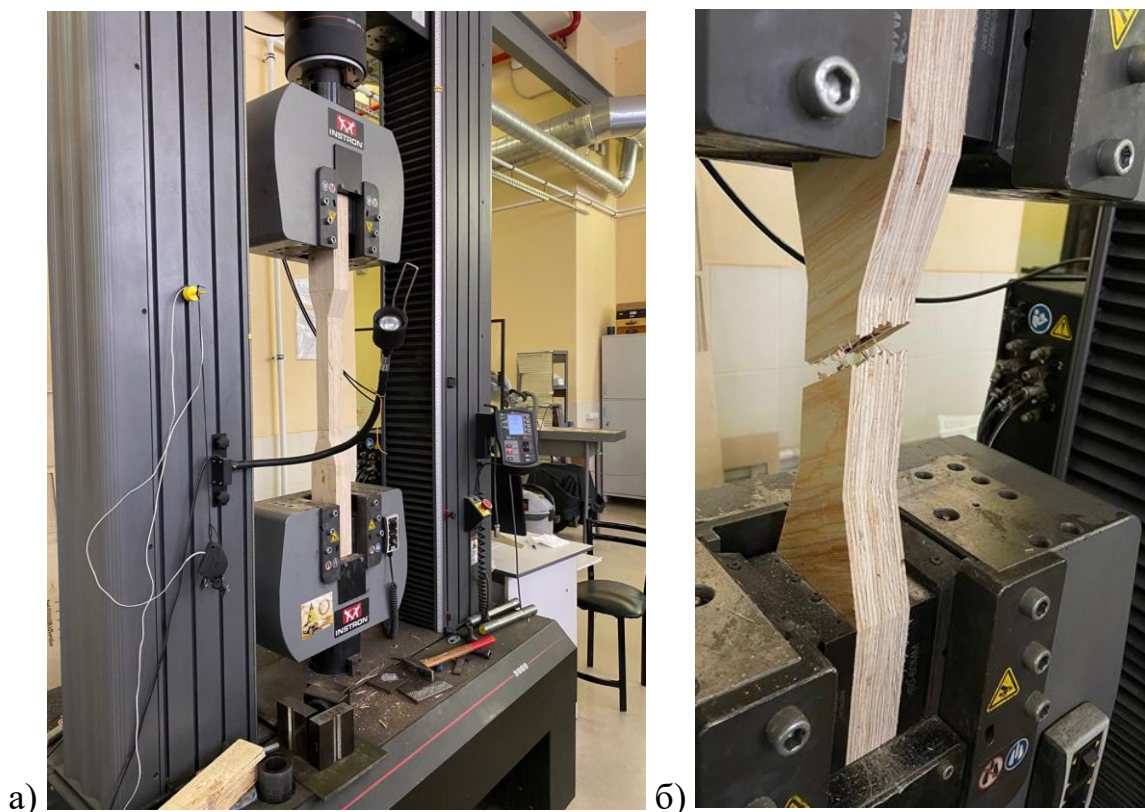


Рисунок 4.5 – Определение предела кратковременной прочности LVL при растяжении: а) вдоль волокон; б) под углом к волокнам

Нагружение осуществлялось до разрушения образца непрерывно действующей нагрузкой со скоростью перемещения траверсы 4 мм/мин. В процессе испытаний на мониторе компьютера отображалась диаграмма «нагрузка-деформация растяжения» (ряд диаграмм показан на рис. 4.6-4.7). После достижения нагрузкой максимального значения разрушающего усилия наблюдалось резкое падение нагрузки и снижение деформаций.

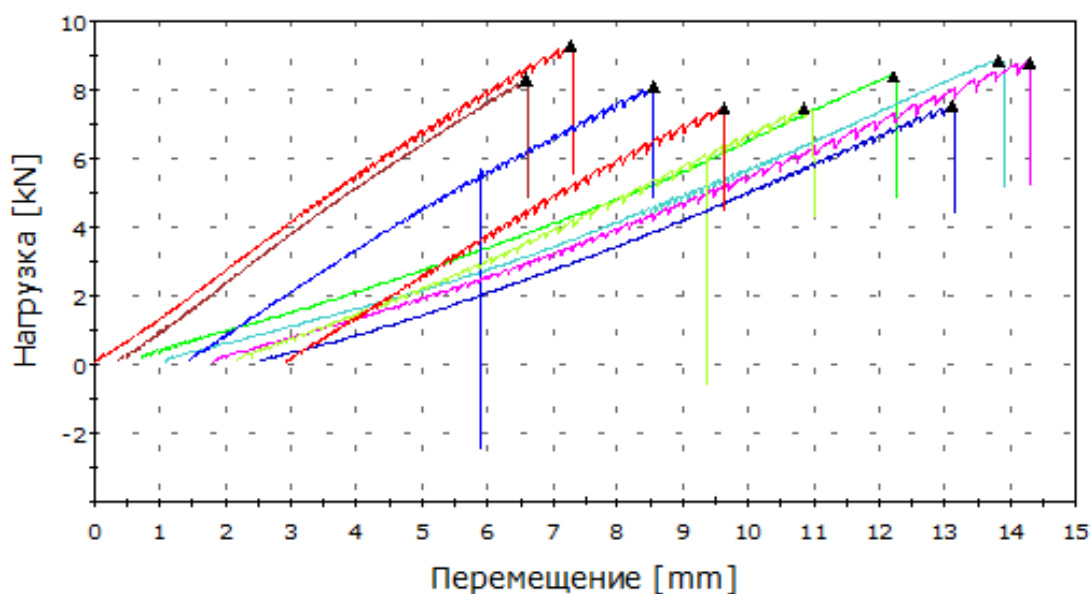


Рис. 4.6 Диаграмма «нагрузка-деформация растяжения» образцов LVL толщиной 39 мм с углом наклона волокон 30°

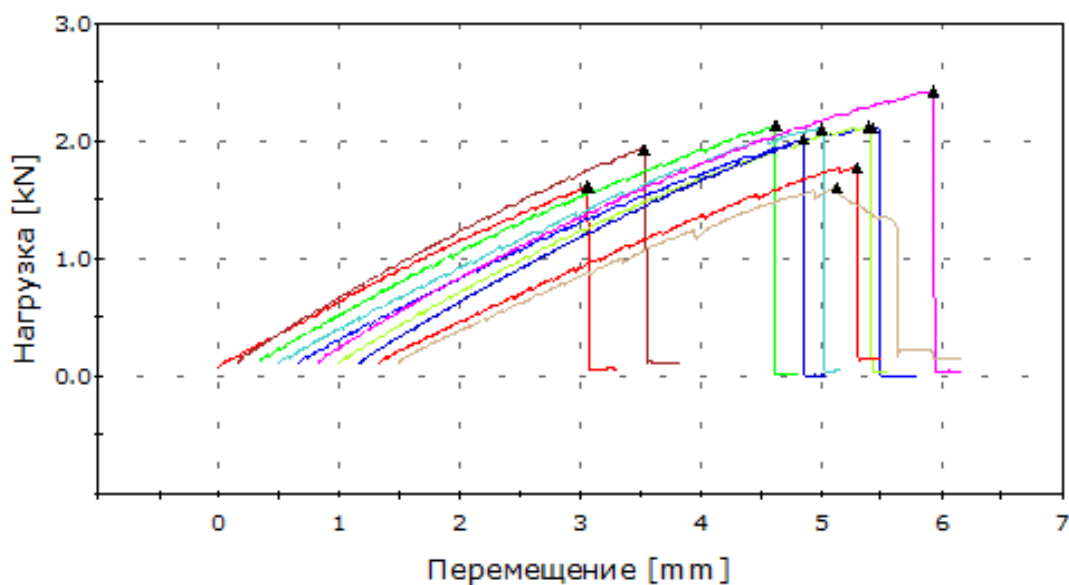


Рис. 4.7 Диаграмма «нагрузка-деформация растяжения» образцов LVL толщиной 30 мм с углом наклона волокон 60°

Результаты выполненных кратковременных испытаний при стандартной скорости нагружения представлены в приложении А. Итоговые средние значения временного сопротивления LVL и рассчитанные статистические характеристики приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Сводная таблица результатов определения кратковременной прочности при растяжении под разными углами наклона волокон

Угол наклона волокон, град	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка (разрушающая) F_{max} , кН	Площадь сечения образца, M^2	Среднее арифметическое значение прочности, МПа	Среднее квадратическое отклонение	Средняя ошибка среднего арифметического	Выборочный коэффициент вариации	Показатель точности среднего значения
	a	b							
0°	30	50	49,94	0,0015	33,23	2,64	1,076	0,0793	0,0324
0°	39	50	66,37	0,00195	34,02	2,22	0,992	0,0652	0,0292
0°	45	50	80,69	0,00225	35,86	1,34	0,546	0,0373	0,0152
30°	30	50	6,03	0,00150	4,02	0,1	0,035	0,0245	0,0087
30°	39	50	8,34	0,00195	4,28	0,07	0,023	0,0161	0,0054
30°	45	50	9,87	0,00225	4,39	0,13	0,048	0,0287	0,0109
30°	51	50	11,50	0,00255	4,51	0,33	0,106	0,0741	0,0234
45°	30	50	3,37	0,00150	2,25	0,04	0,022	0,0198	0,0099
45°	39	50	4,55	0,00195	2,33	0,03	0,014	0,0135	0,006
45°	45	50	5,49	0,00225	2,44	0,09	0,029	0,0352	0,0117
45°	51	50	6,41	0,00255	2,51	0,07	0,025	0,0279	0,0099
60°	30	50	1,88	0,00150	1,25	0,18	0,058	0,1458	0,0461
60°	39	50	2,80	0,00195	1,44	0,15	0,052	0,102	0,0361
60°	45	50	3,50	0,00225	1,56	0,12	0,039	0,0759	0,0253
60°	51	50	4,06	0,00255	1,59	0,08	0,025	0,0489	0,0155

При проведении испытаний на кратковременное действие нагрузки все образцы имели хрупкий характер разрушения. На рисунке 4.8 показаны фотографии образцов после определения разрушающей нагрузки при испытании на растяжение.



Рисунок 4.8 – Характерные разрушения образца при растяжении вдоль волокон (размер 30x50 мм) со скоростью нагружения 4 мм/мин

На рисунке 4.9 представлены фотографии участков образцов, сделанных под лупой с 10-кратным увеличением.





Рисунок 4.9 – Участки разрушения образцов при растяжении вдоль волокон (размер 30x50 мм) со скоростью нагружения 4 мм/мин

Далее определялось нормативное значение прочности. При угле наклона волокон 0° расчет был выполнен, согласно формулам (3.3, 3.5, 3.6). Для остальных углов расчет велся по формуле:

$$R^H = R^{BP} \cdot (1 - 1,65 \cdot v), \quad (4.1)$$

Коэффициент вариации прочностных свойств принимался как среднее арифметическое. Результаты представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Нормативные значения прочности LVL при растяжении

Толщина элементов, мм	Угол наклона волокон, град.							
	Кратковременные значения прочности, МПа				Нормативные значения прочности, МПа			
	0°	30°	45°	60°	0°	30°	45°	60°
30	33,23	4,02	2,25	1,25	29,95	3,78	2,16	1,06
39	34,02	4,28	2,33	1,44	30,66	4,03	2,24	1,22
45	35,86	4,39	2,44	1,56	32,32	4,13	2,34	1,32
51	–	4,51	2,51	1,59	–	4,24	2,41	1,35

После этого было выполнено сравнение экспериментальных значений прочности с расчётными значениями при разных углах наклона волокон, согласно СП 64.13330 [87] по формуле:

$$R_{теор} = \frac{R_{P0}}{1 + \left(\frac{R_{P0}}{R_{P90}} - 1 \right) \cdot \sin^3 \alpha}, \quad (4.2)$$

Результаты сравнения расчетных и экспериментальных значений прочности представлены в таблице 4.5.

Значение прочности при угле наклона волокон 90° градусов принято равным 1.4 МПа, согласно табл. В.2 СП 64.13330 [87]. Для Ultralam R принималось равным 0.7 МПа, согласно техническим условиям².

Таблица 4.5 – Сравнение теоретических и экспериментальных значений прочности LVL при различных углах наклона волокон

Угол, град.	Толщина, мм	Теоретическая прочность, МПа		Экспериментальная прочность, МПа	Расхождение, %	
		СП 64	Ultralam R		СП 64	Ultralam R
60°	30	2,11	1,07	1,06	49,76	0,93
	39			1,22	42,18	14,02
	45			1,32	37,44	23,36
	51			1,35	36,02	26,17

² ТУ 53 66-052-6915009120-2013 Брус клееный из шпона LVL (Laminated Veneer Lumber) Ultralam.

45°	30	3,71	1,91	2,16	41,78	13,09
	39			2,24	39,62	17,28
	45			2,34	36,93	22,51
	51			2,41	35,04	26,18
30°	30	8,90	4,93	3,78	57,53	23,33
	39			4,03	54,72	18,26
	45			4,13	53,60	16,23
	51			4,24	52,36	14,00
0°	30	38	36	29,95	21,18	16,81
	39			30,66	19,32	14,83
	45			32,32	14,95	10,22

Графическая интерпретация полученных результатов и расчетных значений прочности, определенных согласно СП 64.13330 [87], представлена на рисунке 4.10. Для построения графической зависимости экспериментальных данных были взяты их средние арифметические значения для каждой толщины.

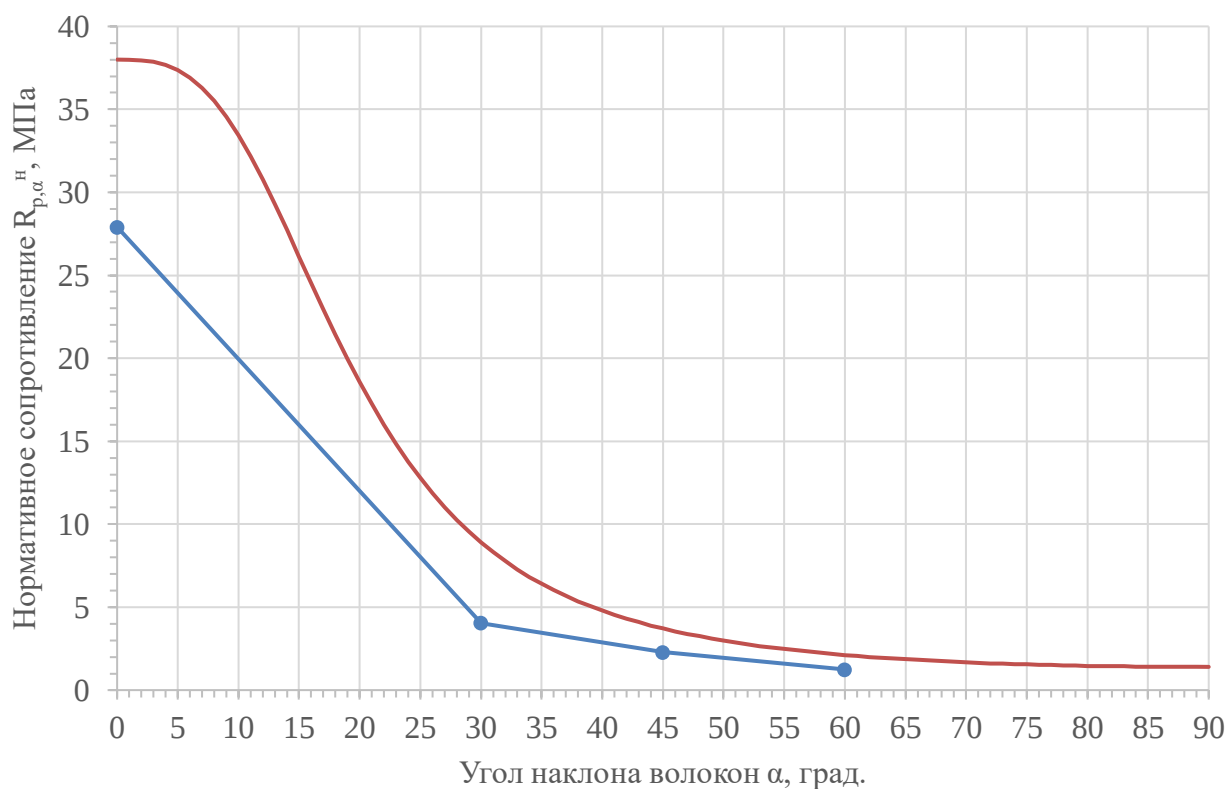


Рис. 4.10 Сравнение прочности LVL от угла наклона волокон, определенных экспериментально (синяя линия), и из табл. В.2 СП 64.13330 (оранжевая линия)

В результате выполнения регрессионного анализа, были получены уравнения зависимости прочности образца LVL от угла наклона волокон по экспериментальным данным:

2	39	50	3,15	0,00195	1,62	0,083	0,026	0,0515	0,0163
Скорость 4 мм/мин									
3	39	50	2,83	0,00195	1,45	0,095	0,025	0,0656	0,0169
Скорость 0,4 мм/мин									
4	39	50	2,45	0,00195	1,25	0,11	0,027	0,0860	0,0215
Скорость 0,04 мм/мин									
5	39	50	2,10	0,00195	1,08	0,09	0,067	0,0877	0,0620

На рисунке 4.11 показан образец LVL установленный в испытательной машине Instron-5989 для определения максимальной нагрузки при растяжении.

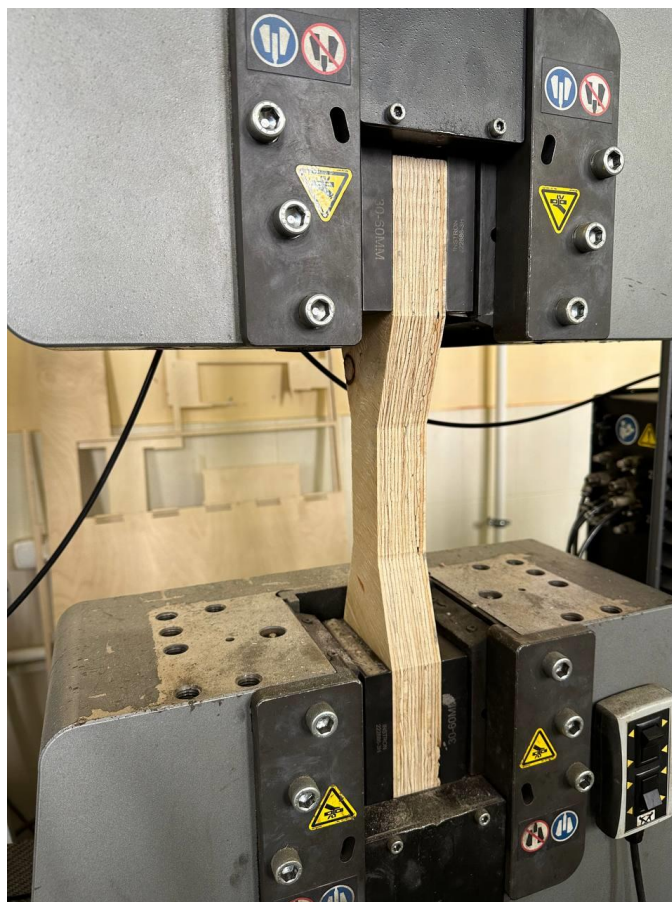


Рисунок 4.11 – Образец LVL при выполнении испытаний с различными скоростями нагружения

Разрушение всех образцов происходило в рабочей части сечения. Главная причина разрушения заключается в том, что создается усилие, которое превышает предел прочности на растяжение образца LVL. Разброс получаемых значений объясняется совокупным влиянием микрповреждений слоев шпона, которые образуются при лущении, а также непрочности отдельных участков шпона и наличие пустот (см. рис. 4.12).



Рисунок 4.12 – Вид сечения и характер разрушения образца при растяжении

На основании данных полученных при кратковременных испытаниях образцов определялись термофлуктуационные параметры и рассчитывалось значение $Lg A$. Расчеты выполнялись по приведенному времени по формулам (3.14) - (3.17).

В таблице 4.7 представлены результаты по приведенному времени испытания, определенного по методике, изложенной в разделе 3.5.

Таблица 4.7 – Значение термофлуктуационных констант и $Lg A$, определенное по результатам кратковременных испытаний

Скорость нагружения, мм/мин	Время до разрушения, сек.	Приведенное время до разрушения, сек.	Lg , сек	Прочность образцов, МПа	Удельная энергия активации, кДж/моль	Энергия активации, кДж/моль	$Lg A$
80	1,5	0,074	-1,13	1,78	-6,37	44,33	13,78
40	3,3	0,178	-0,75	1,62	-4,21		
4	35,5	2,139	0,33	1,45	1,86		
0,4	288,4	20,155	1,30	1,25	7,33		
0,04	3276,1	264,992	2,42	1,08	13,62		

Также были определены значения $Lg A$ при быстром и медленном нагружении. Результаты представлены в таблицах 4.8 и 4.9.

Таблица 4.8 – Значение термофлуктуационных констант и $Lg A$, определенное при быстром нагружении

Скорость нагружения, мм/мин	Время до разрушения, сек.	Приведенное время до разрушения, сек.	Lg , сек	Прочность образцов, МПа	Удельная энергия активации, кДж/моль	Энергия активации, кДж/моль	$Lg A$
80	1,5	0,083	-1,08	1,78	-6,08	37,84	13,67
40	3,3	0,1998	-0,70	1,62	-3,93		
4	35,5	2,40	0,38	1,45	2,14		

Таблица 4.9 – Значение термофлуктуационных констант и $Lg A$, определенное при медленном нагружении

Скорость нагружения, мм/мин	Время до разрушения, сек.	Приведенное время до разрушения, сек.	Lg , сек	Прочность образцов, МПа	Удельная энергия активации, кДж/моль	Энергия активации, кДж/моль	$Lg A$
4	35,5	1,882	0,275	1,45	1,54	47,18	13,84
0,4	288,4	17,73	1,249	1,25	7,02		
0,04	3276,1	233,14	2,368	1,08	13,30		

По рассчитанным значениям удельной энергии активации определены зависимости $U = f(\sigma)$, графическая интерпретация, которых представлена на рисунках 4.13-4.15.

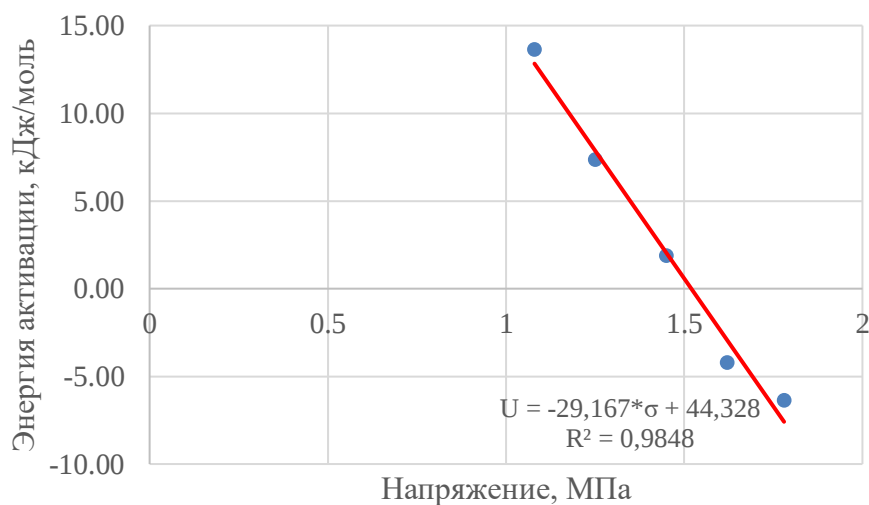


Рисунок 4.13 – График определения максимальной энергии активации U_0 по для всего диапазона скоростей по приведенному времени

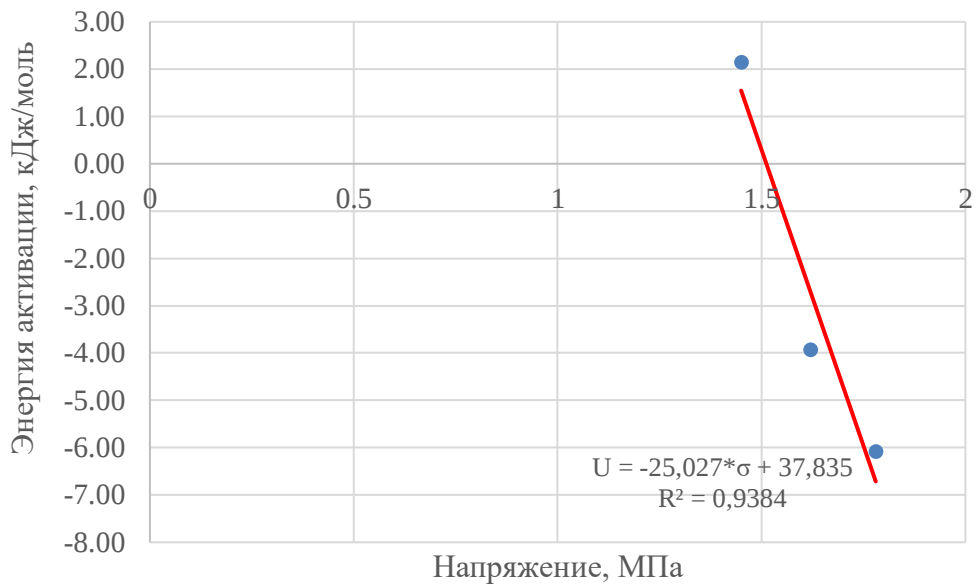


Рисунок 4.14 – График определения максимальной энергии активации U_0 по для быстрого нагружения по приведенному времени

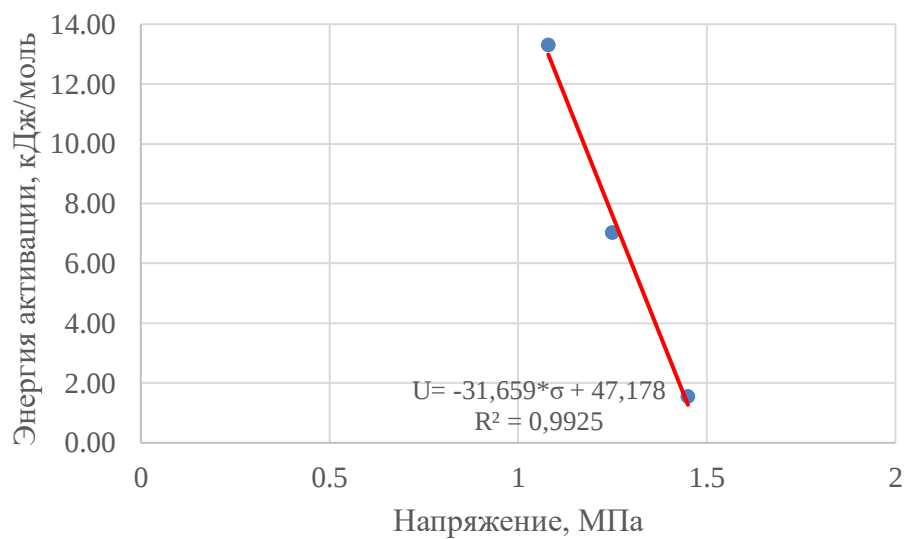


Рисунок 4.15 – График определения максимальной энергии активации U_0 по для медленного нагружения по приведенному времени

По определенным экспериментальным данным и расчетным значениям $\lg A$ (см. таблицы 4.7-4.9), построены уравнения регрессии:

– для всех скоростей нагружения:

$$m_{ол} = 1,04 \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{13,78} \right) \quad (4.7)$$

– для быстрого нагружения:

$$m_{\text{дл}} = 1,08 \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{13,67} \right) \quad (4.8)$$

– для медленного нагружения:

$$m_{\text{дл}} = \left(1 - \frac{\lg t}{13,84} \right) \quad (4.9)$$

На основании полученных уравнений длительной прочности определим значения коэффициентов для всех режимов эксплуатации (см. таблицу 4.10), согласно СП 64.13330 [87].

Таблица 4.10 – Значения коэффициентов длительной прочности при различных режимах нагружения для LVL под углом наклона волокон 60°

Режим нагруж.	Характеристика	$t_n, \text{с}$	$m_{\text{дл}, LVL}$		
			для всех скоростей нагружения	для быстрого нагружения	для медленного нагружения
И	Действие импульсных и ударных нагрузок	$10^{-8}-10^{-1}$	1,64	1,65	1,64
М	Для опор воздушных линий электропередачи – при обрыве проводов и тросов	$10^{-2}-10^{-1}$	1,19	1,19	1,19
А	Линейно возрастающая нагрузка при стандартных машинных испытаниях	1-10	1,04	1,04	1,04
Ж	Совместное действие постоянной и сейсмической нагрузок	$10-10^2$	0,96	0,96	0,96
Д	Совместное действие постоянной и ветровой нагрузок или постоянной, снеговой и ветровой нагрузок	10^3-10^4	0,81	0,81	0,81
Е	Совместное действие постоянной и монтажной нагрузок	10^3-10^4	0,81	0,81	0,81
К	Совместное действие постоянной и кратковременной снеговой нагрузок в условиях пожара	10^3-10^4	0,81	0,81	0,81
Л	Для опор воздушных линий электропередачи – гололедная, монтажная, ветровая при гололеде, от тяжения проводов при температуре ниже среднегодовой и обрыва	10^4-10^5	0,74	0,74	0,74

В	Совместное действие постоянной, длительной временной нагрузок и нагрузок от людей на перекрытия жилых и общественных зданий	10^6-10^7	0,59	0,58	0,59
Г	Совместное действие постоянной и снеговой нагрузок	10^6-10^7	0,59	0,58	0,59
Б	Совместное действие постоянной и длительной временной нагрузок (с расчетными значениями), напряжение от которых превышает 80% полного напряжения в элементах конструкций от всех нагрузок	10^8-10^9	0,44	0,43	0,44

Анализируя полученные значения из таблицы 4.13 на всех скоростях, при медленном или быстром нагружении, можно заметить, что разница в полученных величинах крайне мала и не превышает порядка 1%. Из этого можно сделать вывод о том, что в дальнейшем при построении регрессионных зависимостей по ускоренному методу не обязательно брать много значений скоростей нагружения. Достаточно будет выбрать 3-4 различные скорости нагружения, которые отличаются друг от друга на один порядок, чтобы рассчитать коэффициенты длительной прочности.

В связи с этим были выполнены испытания образцов LVL толщиной 30 мм на растяжение под углом 45° со скоростями нагружения 4, 40 и 80 мм/мин.

Таблица 4.11 – Значение термофлуктуационных констант и $Lg A$, определенное по результатам ускоренных испытаний образцов толщиной 30 мм с углом наклона волокон 45 градусов

Скорость нагружения, мм/мин	Время до разрушения, сек.	Приведенное время до разрушения, сек.	Lg , сек	Прочность образцов, МПа	Удельная энергия активации, кДж/моль	Энергия активации, кДж/моль	$Lg A$
80	2,95	0,120	-0,923	2,42	-5,18	96.47	14,72
40	6,05	0,250	-0,602	2,37	-3,38		
4	49,85	2,173	0,337	2,25	1,89		

По определенным экспериментальным данным и расчетным значениям $Lg A$, построено уравнения регрессии для образцов толщиной 30 мм с углом наклона волокон 45 градусов:

$$m_{dl} = 1,09 \cdot \left(1 - \frac{\lg t}{14,72} \right) \quad (4.10)$$

Значения коэффициентов длительной прочности образцов с углом наклона волокон 45 градусов для всех режимов эксплуатации приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Значения коэффициентов длительной прочности при различных режимах нагружения для LVL под углом наклона волокон 45°

	Режим нагружения										
	И	М	А	Ж	Д	Е	К	Л	В	Г	Б
m_{dl}	1,68	1,24	1,09	1,02	0,87	0,87	0,87	0,79	0,65	0,65	0,50

Выполним сравнение полученных значений коэффициентов длительной прочности под углами 45 и 60 градусов (см. таблицу 4.13).

Таблица 4.13 – Сравнение коэффициентов длительной прочности при углах наклона волокон 45° и 60°

Режим нагруж.	Характеристика	t_n, c	$m_{dl,LVL}$		Разница, %
			60°	45°	
И	Действие импульсных и ударных нагрузок	$10^{-8}-10^{-1}$	1,64	1,68	2,30%
М	Для опор воздушных линий электропередачи – при обрыве проводов и тросов	$10^{-2}-10^{-1}$	1,19	1,24	3,81%
А	Линейно возрастающая нагрузка при стандартных машинных испытаниях	1-10	1,04	1,09	4,59%
Ж	Совместное действие постоянной и сейсмической нагрузок	$10-10^2$	0,96	1,02	5,06%
Д	Совместное действие постоянной и ветровой нагрузок или постоянной, снеговой и ветровой нагрузок	10^3-10^4	0,81	0,87	6,25%
Е	Совместное действие постоянной и монтажной нагрузок	10^3-10^4	0,81	0,87	6,25%
К	Совместное действие постоянной и кратковременной снеговой нагрузок в условиях пожара	10^3-10^4	0,81	0,87	6,25%

Л	Для опор воздушных линий электропередачи – гололедная, монтажная, ветровая при гололеде, от тяжения проводов при температуре ниже среднегодовой и обрыва	10^4-10^5	0,74	0,79	7,02%
В	Совместное действие постоянной, длительной временной нагрузок и нагрузок от людей на перекрытия жилых и общественных зданий	10^6-10^7	0,59	0,65	9,07%
Г	Совместное действие постоянной и снеговой нагрузок	10^6-10^7	0,59	0,65	9,07%
Б	Совместное действие постоянной и длительной временной нагрузок (с расчетными значениями), напряжение от которых превышает 80% полного напряжения в элементах конструкций от всех нагрузок	10^8-10^9	0,44	0,50	12,34%

Сравнивая полученные результаты, можно заметить, что с увеличением угла наклона волокон долговечность материала снижается, что соотносится с аналогично выявленной зависимостью для древесины (см. рис. 1.12) [39, 139, 140].

4.3 Определение длительной прочности LVL при растяжении прямым методом при действии постоянной нагрузки

Для верификации ускоренного метода проведены исследования длительной прочности LVL при растяжении прямым методом, с постоянным нагружением равным $0,8R^{вр}$ и $0,7R^{вр}$.

По результатам длительных испытаний определялась удельная энергия активации U по формуле (3.18). Методом экстраполяции прямой на ось ординат ($\sigma = 0$) определялась величина максимальная энергия активации U_0 . Результат представлен на рисунке 4.19.

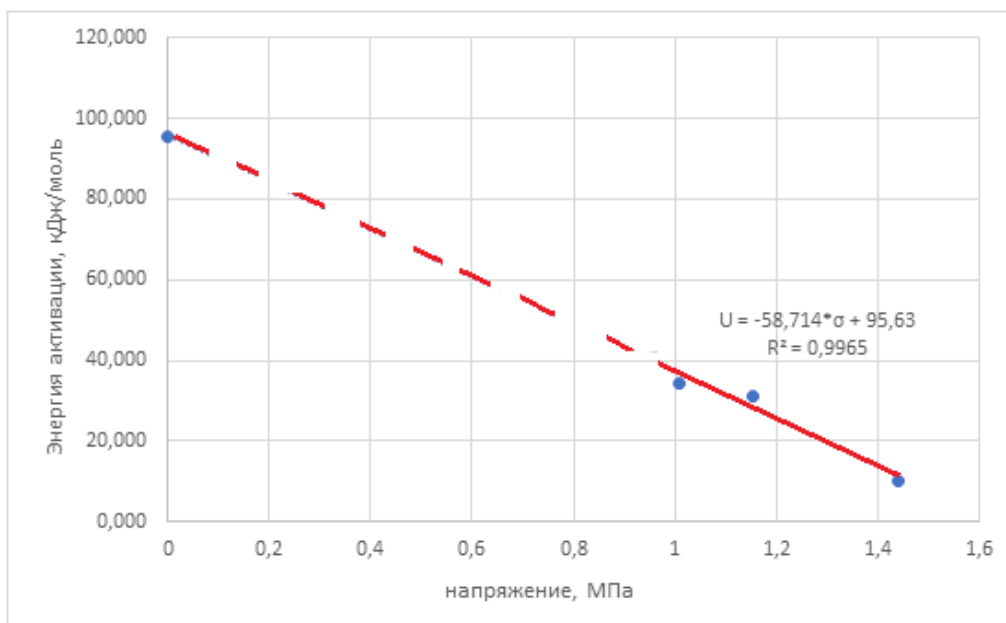


Рисунок 4.19 – График определения максимальной энергии активации U_0 по результатам длительных испытаний

После проведения длительных испытаний определялись термофлуктуационные константы и рассчитывалось значение $Lg A$. Результаты представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – Значение термофлуктуационных констант и $Lg A$, определенное по результатам длительных испытаний

Температура проведения испытания, К	Время до разрушения, сек.	Lg, сек	Прочность образцов, МПа	Уровни нагружения, %	Удельная энергия активации, кДж/моль	Энергия активации, кДж/моль	Lg A
294	35,5	1,55	1,45	100	8,71	95,63	14,7
294	327420	5,515	1,152	80	31,00		
294	1335180	6,126	1,008	70	34,44		

Таким образом, полученное уравнение имеет вид:

$$\sigma = 1,1 * \left(1 - \frac{lg_{сек} t}{14,7} \right) \quad (4.11)$$

На рисунке 4.20 показаны фотографии испытательной установки и образца, который поставлен на длительное постоянное нагружение равное $0,8R^{BP}$, за минуту до разрушения и после разрушения.

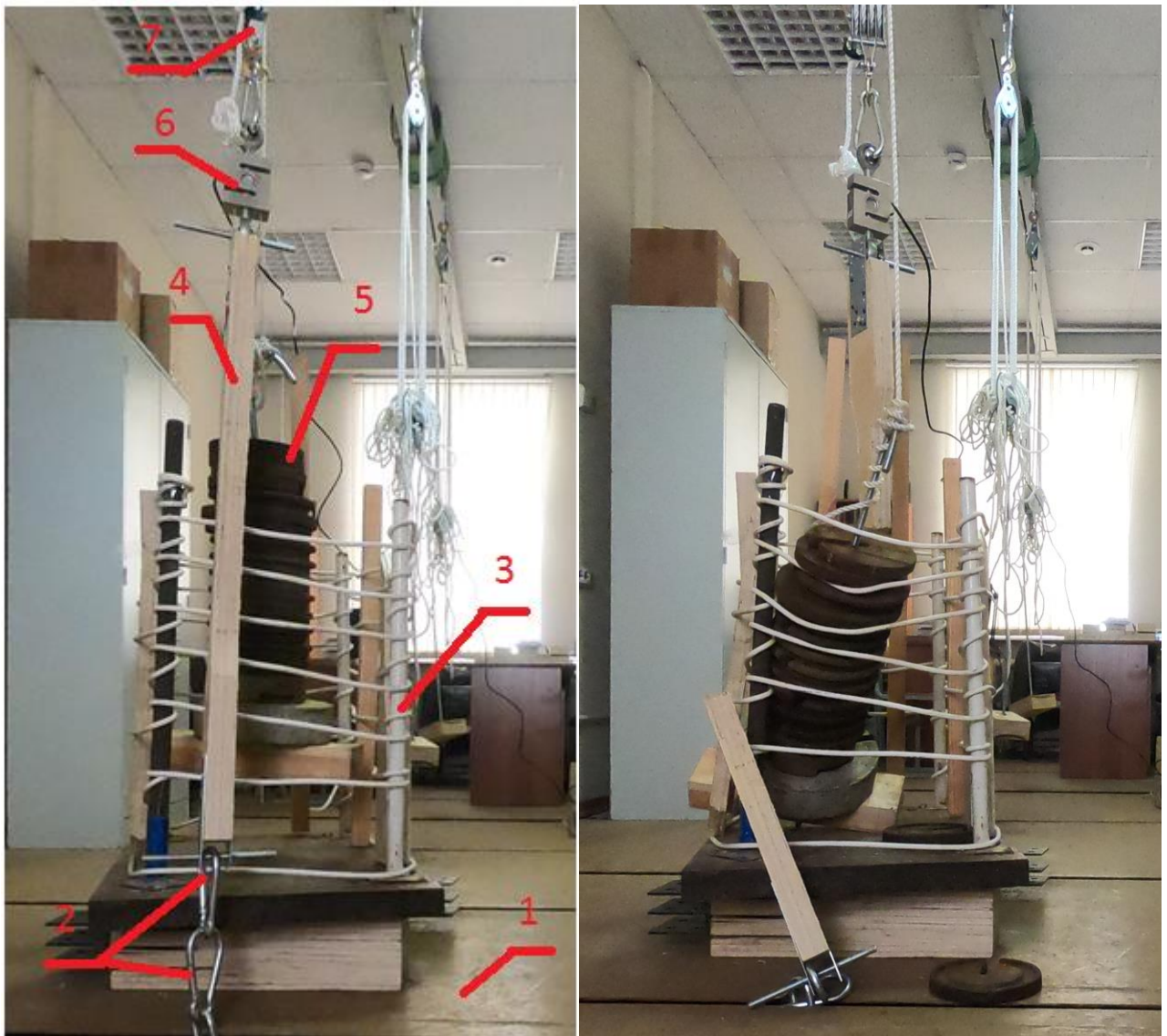


Рисунок 4.20 – Образец при проведении длительных испытаний. Слева за минуту до разрушения. Справа после разрушения.

1 – силовой пол; 2 – карабины; 3 – ограждение; 4 – образец LVL; 5 – груз;
6 – датчик динамометра; 7 – полиспаг

Также были выполнены дополнительные исследования по определению длительной прочности LVL при растяжении вдоль волокон и под углом 45 градусов.

Результаты прямых испытаний образцов толщиной 30 мм вдоль волокон с нагрузкой равной 100 и 80% от разрушающей приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – Значение термофлуктуационных констант и $Lg A$, определенное по результатам длительных испытаний образцов толщиной 30 мм вдоль волокон

Время до разрушения, сек.	Приведенное время до	Lg , сек	Прочность образцов, МПа	Уровни нагружения, %	Удельная энергия	Энергия активации, кДж/моль	$Lg A$
---------------------------	----------------------	------------	-------------------------	----------------------	------------------	-----------------------------	--------

	разрушения, сек.				активации, кДж/моль		
650	17,01571	1,231	33,23	100	6,92	174,28	16,1
15402060	15402060	7,188	26,584	80	40,39		

Для разрушающего усилия равному $1.0 \cdot R^{\text{вр}}$ определялось приведенное время, согласно [168], потому что нагружение осуществлялось равномерно возрастающей нагрузкой на испытательной машине.

По результатам обработки экспериментальных данных получено следующее уравнение длительной прочности образца толщиной 30 мм при растяжении вдоль волокон:

$$m_{\text{дл}} = 1,16 * \left(1 - \frac{\lg t}{16,1}\right) \quad (4.12)$$

Графоаналитический способ определения коэффициента ω представлен на рисунке 4.21.

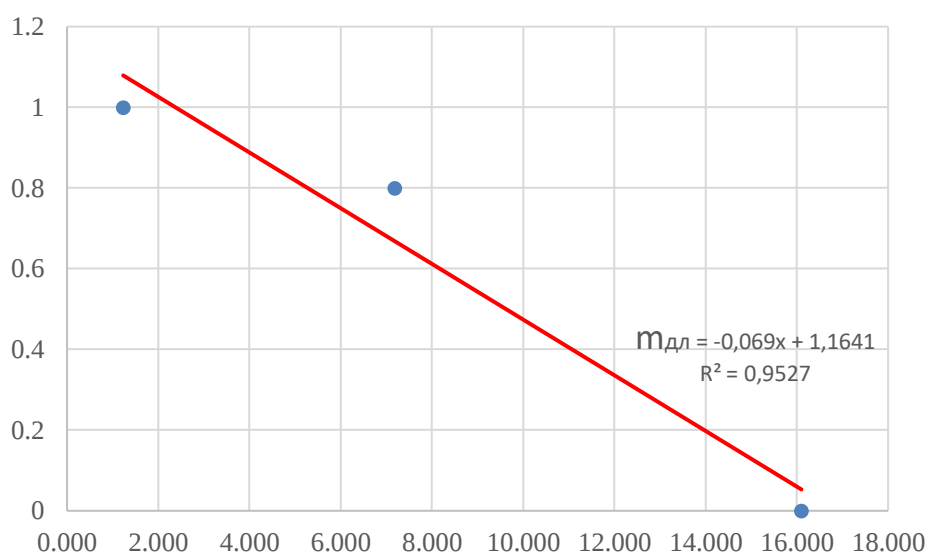


Рисунок 4.21 – График определения коэффициента ω образца толщиной 30 мм при растяжении вдоль волокон

Результаты прямых испытаний образцов толщиной 30 мм с углом наклона волокон 45 градусов с нагрузкой равной 100 и 80% от разрушающей приведены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Значение термофлуктуационных констант и $\text{Lg } A$, определенное по результатам длительных испытаний образцов толщиной 30 мм под углом 45 градусов

Время до разрушения, сек.	Приведенное время до разрушения, сек.	Lg, сек	Прочность образцов, МПа	Уровни нагружения, %	Удельная энергия активации, кДж/моль	Энергия активации, кДж/моль	Lg A
49,85	1,662	0,221	2,25	100	1,24	121,3	15,16
31020	31020	4,492	1,8	80	25,252		

По результатам обработки экспериментальных данных получено следующее уравнение длительной прочности образца толщиной 30 мм при растяжении вдоль волокон:

$$m_{\text{дл}} = 1,05 * \left(1 - \frac{\lg t}{15,16}\right) \quad (4.13)$$

Полученные значения будут использованы при выполнении испытаний LVL балок и расчета их срока службы. После выполнения длительных испытаний было выполнено сравнение результатов с данными, полученных ускоренным методом. Результаты представлены в таблицах 4.17 и 4.18.

Таблица 4.17 – Сравнение коэффициентов длительной прочности для образцов толщиной 30 мм с углом наклона волокон 45 градусов, определенных ускоренным и прямым методом

$m_{\text{дл}}$	Режим нагружения										
	И	М	А	Ж	Д	Е	К	Л	В	Г	Б
Ускор.	1,68	1,24	1,09	1,02	0,87	0,87	0,87	0,79	0,65	0,65	0,50
Длит.	1,60	1,19	1,05	0,98	0,84	0,84	0,84	0,77	0,63	0,63	0,50
Разница, %	4,65	4,00	3,67	3,47	2,95	2,95	2,95	2,63	1,75	1,75	0,34

Таблица 4.18 – Сравнение коэффициентов длительной прочности для образцов толщиной 39 мм с углом наклона волокон 60 градусов, определенных ускоренным и прямым методом

$m_{\text{дл}}$	Режим нагружения										
	И	М	А	Ж	Д	Е	К	Л	В	Г	Б
Ускор.	1,64	1,19	1,04	0,96	0,81	0,81	0,81	0,74	0,59	0,59	0,44
Длит.	1,70	1,25	1,10	1,03	0,88	0,88	0,88	0,80	0,65	0,65	0,50
Разница, %	3,23	4,70	5,45	5,92	7,07	7,07	7,07	7,81	9,81	9,81	12,99

На основании сравнительного анализа можно сделать вывод о том, что предложенный ускоренный метод можно использовать для определения длительной прочности LVL.

4.4 Выводы по четвертой главе

1. Получены значения временной прочности LVL-бруса при различных углах наклона волокон и толщин образцов. Выявлено повышение прочности LVL при увеличении толщины образцов. Вероятнее всего это связано с тем, что при увеличении геометрических размеров образцов влияние микрповреждений шпона, а также зон непрочности слоев шпона на прочность снижается.

2. По результатам ускоренных и длительных испытаний образцов толщиной 30 мм под углом 45 градусов и 39 мм под углом 60 градусов построены логарифмические зависимости и определены коэффициенты длительной прочности. Разница в значениях, полученных ускоренными и длительными испытаниями для образцов толщиной 30 мм под углом 45 градусов составила не более 5 %, для образцов толщиной 39 мм под углом 60 градусов составила не более 10 % (кроме режима Б – 13%). Предложенный ускоренный метод может быть использован на практике, что позволит существенно сократить трудоемкость и время определения длительной прочности LVL.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ И СРОКОВ СЛУЖБЫ БАЛОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ LVL

В данной главе представлены результаты экспериментальных исследований по оценке эксплуатационной несущей способности LVL-балок с учетом продолжительности действия нагрузки, а также результаты расчеты срока службы и остаточного ресурса.

5.1 Экспериментальные исследования для определения коэффициента безопасности LVL-балок

При оценке эксплуатационной несущей способности деревянных конструкций возникает необходимость обоснования состава и значения коэффициента безопасности, который должен быть получен по результатам экспериментальных исследований [203]. Согласно ГОСТ 57790-2017 [205] это можно сделать при помощи стандартных кратковременных испытаний. Для этого необходимо знать приведенное время действия нагрузки, а также значение коэффициента длительной прочности с учетом режимов нагружения по таблице 4 СП 64.13330 [87].

В качестве объекта исследования были выбраны балки перекрытий (размерами: 45х200х6000 мм) из LVL тип 1 марки ULTRALAM R (производитель компания «СТОД»). Испытания проводились согласно методике, изложенной в ГОСТ 57790-2017 [205]. Количество испытываемых образцов принято равное трем.

Для проведения испытания необходимо было определить расчетное значение нагрузки из формулы:

$$R^P = \frac{M_{max}}{W_x}$$

Выполнив ряд преобразований получено уравнение сосредоточенной нагрузки:

$$Q = \frac{4 \cdot R^P \cdot b \cdot h^2}{3 \cdot l}$$

После подстановки всех величин сосредоточенная нагрузка от траверсы машины равна:

$$Q_{рас} = \frac{4 \cdot 39 \cdot 0,9 \cdot 0,045 \cdot 0,2^2}{3 \cdot 5,5} = 15,3 \text{ кН}$$

Для ступенчатого приложения нагрузки значение ступени будет равно $0,25 \cdot Q_{рас} = 0,25 \cdot 15,3 = 3,825 \text{ кН}$. Примем 4 кН.

В помещении, где проводились испытания, температура воздуха составляла $+20,0 \div 21,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а влажность была в пределах $63,4 \div 67,1 \text{ \%}$. Испытания проводились в секторе механических испытаний строительных конструкций испытательного центра СПбГАСУ на испытательной машине Magnum UT-04-010 с сервогидравлической системой (см. рисунок 5.1).

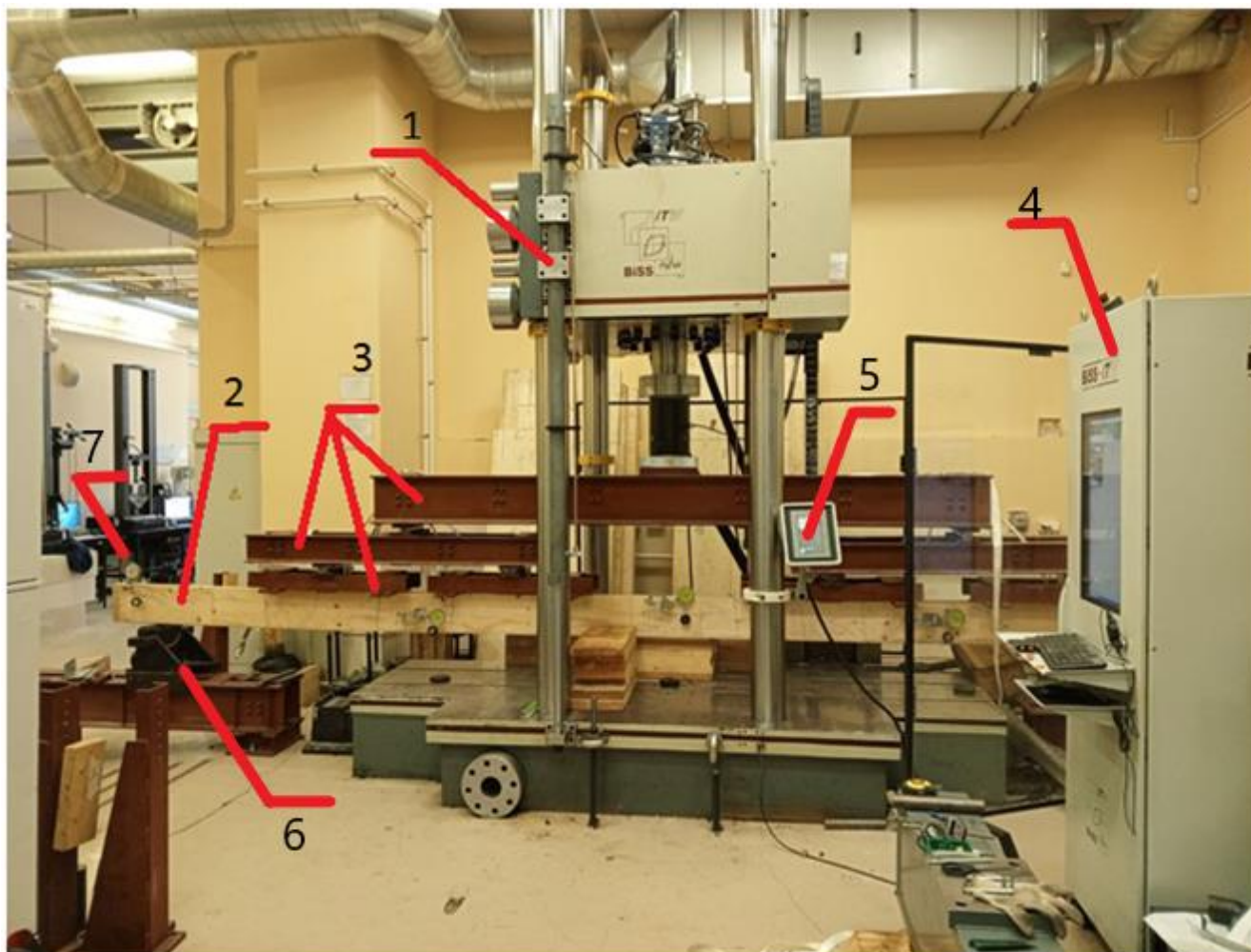


Рисунок 5.1 – Испытание LVL-балки на четырехточечный изгиб
1 – испытательная машина *Magnum UT-04-010*; 2 - LVL-балка; 3 – металлические вспомогательные балки для распределения нагрузки на 8 точек;

4 – блок управления нагружением (установка параметров нагружения и визуализации зависимости перемещения от приложенной нагрузки и времени);
5 – пульт управления; 6 – опора; 7 – прогибомеры

Нагружение осуществлялось до разрушения образца ступенчато действующей нагрузкой со скоростью перемещения нагружающего приспособления 10 мм/мин. Выдержка на каждой ступени составляла 60 с. В момент выдержки производилось снятие показаний измерительных приборов – прогибомеров 6ПАО (схема их расположения см. на рисунке 5.2 – П1-П5).

Результаты испытаний представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Значения разрушающей сосредоточенной нагрузки LVL-балки при изгибе при скорости нагружения 10 мм/мин

№	Разрушающее усилие	Выборочное среднее	Среднее квадратическое отклонение	Средняя ошибка среднего арифметического	Выборочный коэффициент вариации	Показатель точности среднего значения
1	19,032	19,37	1,24	0,713	0,0638	0,0368
2	18,334					
3	20,735					

Общее среднее время испытания равно 602 с.

После разрушения образца проводилась фотофиксация и описание характера разрушения. На рисунках 5.2-5.4 представлены фотографии образцов после испытаний при стандартной скорости нагружения.



Рисунок 5.2 – Образец LVL-балки № 1 после разрушения при испытаниях со скоростью нагружения 10 мм/мин



Рисунок 5.3 – Образец LVL-балки № 2 после разрушения при испытаниях со скоростью нагружения 10 мм/мин

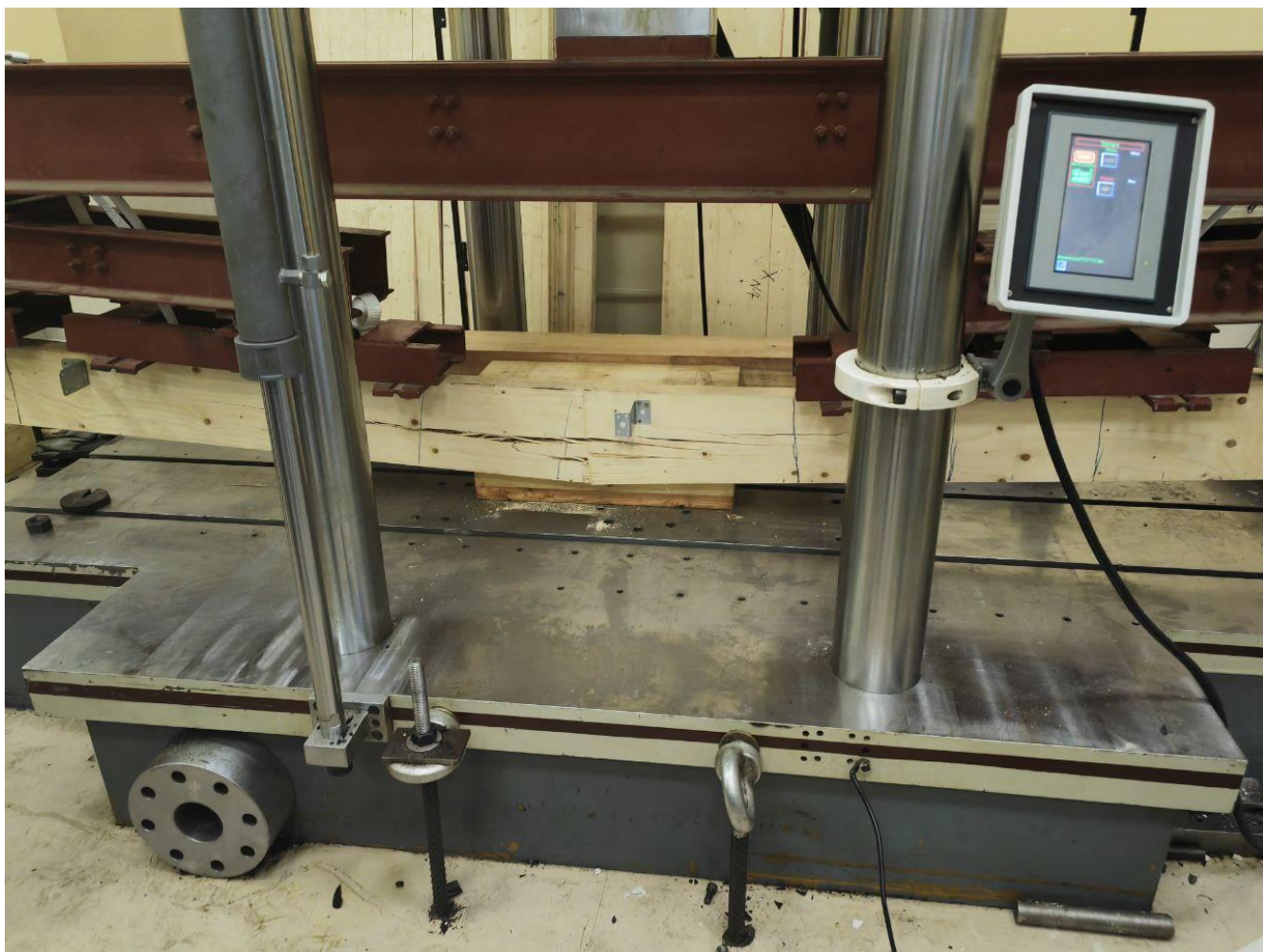


Рисунок 5.4 – Образец LVL-балки № 3 после разрушения при испытаниях со скоростью нагружения 10 мм/мин

Как видно из представленных фотографий разрушение происходило в растянутой зоне с образованием продольных сквозных и наклонных трещин или разрыва волокон (рис. 5.3) в середине пролета.

Для сравнения экспериментальной несущей способности с расчетным значением разрушающего усилия определим коэффициент безопасности K_6 . Для вычисления приведенного времени испытания, использовано значение $Lg A = 15,35$, полученное в ходе длительных испытаний (см. раздел 4.3) по формуле [138]:

$$t = 1,03 \cdot \frac{t_1'}{2,3 \cdot \lg A} = \frac{1,03 \cdot t_1'}{2,3 \cdot 15,35} = \frac{t_1'}{34,28}$$

Поправочный коэффициент равен:

$$K_v = 1 / (1 - 1,64 \cdot 0,0638) = 1,13$$

Приведенное время равно:

$$t = \frac{602}{34,28} = 17,56 c$$

Коэффициент кратковременных испытаний равен:

$$k_{дл(исп)} = 1,16 (1 - Ig17,56 / 16,1) = 1,07$$

Коэффициент $\omega = 1,16$ получен графоаналитическим методом в полулогарифмических координатах (см. раздел 4.3).

Коэффициент безопасности равен:

$$K_6 = 1,13 * 1,07 = 1,21$$

Проектная несущая способность равна:

$$Q_{теор} = Q_{рас} * K_6 = 19,37 / 1,21 = 16 \text{ кН}$$

Среднее экспериментальное значение несущей способности балки по результатам испытаний составило 19,37 кН. Проектная несущая способность, определенная по коэффициенту безопасности с учетом коэффициента длительной прочности LVL, равняется 16,0 кН. Расчетное же значение несущей способности равно 15,3 кН. Таким образом, несущая способность на предполагаемый срок эксплуатации обеспечена.

5.2 Определение расчетного срока службы LVL-балки

Поскольку испытанные балки находились на открытом воздухе и подвергались влиянию окружающей среды на протяжении 5 лет, то для них можно рассмотреть как отдельно, так и при совместном учете влияния окружающей среды и деградации прочностных свойств.

В данном подразделе представлен расчет срока службы при $n = 1$ и $n = 2$ по предложенному алгоритму.

Сначала выполнен расчет срока службы как для балки вновь проектируемого объекта. Затем будет рассмотрен случай, когда балка находилась под воздействием окружающей среды в течении 5 лет. И в конце буде выполнен расчет при совместном влиянии деградации прочности и физического износа.

5.2.1 Определение срока службы балки как для вновь проектируемого объекта

Для испытанной балки выполним расчет срока службы по параметрам кинетической теории прочности. Последовательность расчета согласно разработанному алгоритму следующая.

1. Выбрана аварийная категория технического состояния: $P_{\min} = 0,68269$.

2. Согласно экспериментальным данным энергия активации равна $U=121,3$ кДж/моль, структурный коэффициент $\gamma = 2,24$ кДж*МПа/моль. Коэффициент вариации равен 10%.

3. Исходные данные. Сечение $b \times h = 45 \times 200$ мм. Пролет – $l = 5,5$ м, шаг балок $s = 0,4$ м. Конструкции находятся в тепловом контуре здания. Температура эксплуатации составит $+25^{\circ}\text{C}$ (298 К). Коэффициент вариации прочностных свойств равен 10%.

На балку междуэтажного перекрытия действуют следующие нагрузки:

– кратковременная, распределенная по перекрытию (от людей, животных, нестационарного оборудования), – $P_k=1500,0$ Н/м² (коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_{fk} = 1,3$);

– постоянная (от веса конструкции перекрытия, в том числе собственного веса балки), – $P_n=150,0$ Н/м² (коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_{fn} = 1,1$).

Суммарная расчетная нагрузка на 1 п.м. конструкции:

$$q_p = (P_k \gamma_{fk} + P_n \gamma_{fn}) s = (1500 \cdot 1,3 + 150 \cdot 1,1) \cdot 0,4 = 846,0 \text{ Н/м.}$$

Максимальный изгибающий момент (в середине пролета):

$$M = \frac{q_p \cdot l^2}{8} = \frac{846 \cdot 5,5^2}{8} = 3199 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Максимальная перерезывающая сила (на опоре):

$$Q = \frac{q_p \cdot l}{2} = \frac{846 \cdot 5,5}{2} = 2326,5 \text{ кН}$$

Балка междуэтажного перекрытия работает на изгиб и проверяется по первой группе предельных состояний на прочность по нормальным и касательным напряжениям и устойчивость плоской формы деформирования.

Значения нормативных сопротивлений LVL:

- изгиб вдоль волокон в плоскости слоев шпона (по кромке) – $R_{\text{и}}^{\text{н}}=45,0$ МПа, коэффициент надежности по материалу $\gamma_m=1,2$;

- скалывание вдоль волокон поперек плоскости листа – $R_{\text{ск}}^{\text{н}}=4,9$ МПа, коэффициент надежности по материалу $\gamma_m=1,25$;

Кроме того, необходимо установить значения корректирующих коэффициентов $m_{\text{дл,LVL,i}}$, $m_{\text{в}}$, $m_{\text{т}}$, $m_{\text{б}}$, $m_{\text{о}}$, $m_{\text{а}}$:

- режим нагружения – В, т. е. $t_{\text{п,В}}=10^7$ с, $m_{\text{дл,LVL,В}}=0,57$ [73];
- элемент находится в тепловом контуре жилого помещения, поэтому согласно [87] класс условий эксплуатации – 2.1, т. е. $m_{\text{в}}=1$;
- эксплуатация происходит при установившейся температуре менее 35°C , т. е. $m_{\text{т}}=1$;
- высота поперечного сечения элемента меньше 500 мм, т.е. $m_{\text{б}}=1$;
- исходя из напряженного состояния балки и отсутствия в расчетном сечении ослаблений принимаем $m_{\text{о}}=1$;
- глубокая пропитка антипиренами под давлением не производится, т. е. $m_{\text{а}}=1$.

Определение скорректированных расчетных сопротивлений балки междуэтажного перекрытия из LVL представлено в таблице 5.2:

Таблица 5.2 – Определение расчетных сопротивлений балки междуэтажного перекрытия из LVL по [73, 87]

Напряженное состояние	Обозн.	$R^{\text{н}}$, МПа	γ_m	$m_{\text{дл,LVL}}$	$m_{\text{в}}$	$m_{\text{т}}$	$m_{\text{б}}$	$m_{\text{о}}$	$m_{\text{а}}$	$R^{\text{р}}$, МПа
Изгиб вдоль волокон в плоскости слоев шпона (по кромке)	$R_{\text{и}}^{\text{н}}$	45,0	1,2	0,57	1	1	1	1	1	21,38
Скалывание вдоль волокон поперек плоскости листа	$R_{\text{ск}}^{\text{н}}$	4,9	1,25	0,57	1	1	1	1	1	2,23
Модуль упругости вдоль волокон	$E_{\text{ср}}$	12000	-	0,9	1	1	1	1	1	10800

Геометрические характеристики сечения:

$$W_x = 0,0003 \text{ м}^3; S_x = 0,000225 \text{ м}^3; I_x = 0,00003 \text{ м}^4.$$

Выполним проверку прогибов:

$$f_{\text{расч}} = \frac{f_0}{k} \left[1 + c \left(\frac{h}{l} \right)^2 \right] = \frac{5 \cdot 660 \cdot 5,5^4}{384 \cdot 10,8 \cdot 10^9 \cdot 0,00003} \cdot \left[1 + 19,2 \cdot \left(\frac{0,2}{5,5} \right)^2 \right] =$$

$$= 0,025 \text{ м} < f_u = \frac{l}{200} = \frac{5,5}{200} = 0,0275 \text{ м}.$$

Балка с заданным сечением удовлетворяет требованиям жесткости.

Выполним проверку прочности по нормальным напряжениям:

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{W_x} = \frac{3199,0}{0,0003} = 10,66 \text{ МПа} < R_u^p = 21,38 \text{ МПа}.$$

Прочность по нормальным напряжениям обеспечена, коэффициент использования равен:

$$k_{\text{исп}}(\sigma) = \frac{\sigma}{R_u^p} = \frac{10,66}{21,38} = 0,50.$$

Выполним проверку по касательным напряжениям:

$$\tau = \frac{Q_{\text{max}} \cdot S_x}{I_x \cdot b} = \frac{2326,5 \cdot 0,000225}{0,00003 \cdot 0,045} = 0,39 \text{ МПа} < R_{\text{ск}}^p = 2,23 \text{ МПа}.$$

Прочность по касательным напряжениям обеспечена. Коэффициент использования:

$$k_{\text{исп}}(\tau) = \frac{\tau}{R_{\text{ск}}^p} = \frac{0,39}{2,23} = 0,17.$$

Выполним проверку устойчивости плоской формы изгиба. Коэффициент устойчивости при изгибе по [87] равен (при $k_\phi=1,13$, $l_p=l/4$ – принимаем, что балка раскреплена из плоскости на одной четвертой пролета от опор и в середине пролета):

$$\varphi_M = 140 \frac{b^2}{l_p h} k_\phi = 140 \cdot \frac{0,045^2}{1,38 \cdot 0,2} \cdot 1,13 = 1,16.$$

Тогда:

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{\varphi_M \cdot W_x} = \frac{3199,0}{1,16 \cdot 0,0003} = 9,19 \text{ МПа} < R_u^p = 21,38 \text{ МПа}.$$

Устойчивость плоской формы изгиба обеспечена, коэффициент использования равен:

$$k_{\text{исп}}(\varphi_M) = \frac{\sigma}{R_u^p} = \frac{9,19}{21,38} = 0,43.$$

Поскольку отношение $h/b = 185/45 = 4,11 > 4$, то необходимо выполнить расчет на прочность по главным площадкам приопорных участков балки, согласно приложению И СП 64.13330 [87].

Растягивающие напряжения от опорного давления при $y = 0$, $\eta = 0,016$:

$$\sigma_y^+ = \frac{2 \cdot Q_{\max}}{b \cdot h} = \frac{2 \cdot 2326,5 \cdot 0,016}{0,2 \cdot 0,045} = 0,008 \text{ МПа}$$

Сжимающие σ_y^- от q :

$$\sigma_y^- = -\frac{q}{2 \cdot b} = \frac{846}{2 \cdot 0,045} = -0,0094 \text{ МПа},$$

$$\Sigma \sigma_y = \sigma_y^+ + \sigma_y^- = 0,008 - 0,0094 = -0,0014 \text{ МПа}.$$

Касательное напряжение:

$$\tau_{xy} = \frac{1,5 \cdot (Q_{\max} - q_p \cdot 1,1 \cdot h)}{b \cdot h} = \frac{1,5 \cdot (2326,5 - 846 \cdot 1,1 \cdot 0,2)}{0,045 \cdot 0,2} = 0,36 \text{ МПа}$$

Главное растягивающее напряжение:

$$\sigma_1 = 0,5 \cdot [\Sigma \sigma_y + \sqrt{(\Sigma \sigma_y)^2 + 4 \cdot \tau_{xy}^2}],$$

$$\sigma_1 = 0,5 \cdot [-0,0014 + \sqrt{(-0,0014)^2 + 4 \cdot 0,36^2}] = 0,36 \text{ МПа}.$$

Угол наклона α направления главного растягивающего напряжения σ_1 к волокнам определяется по формуле:

$$\alpha = 0,5 \cdot \arctg \frac{-2 \cdot \tau_{xy}}{\Sigma \sigma_y} = 0,5 \cdot \arctg \frac{-2 \cdot 0,36}{0,0014} = 44,95^\circ.$$

Необходимо выполнить расчет под углом 45° с расчетным сопротивлением равным $R_{p,\alpha}^p = 0,67 \text{ МПа}$.

$$\sigma_1 = 0,36 \text{ МПа} < R_{p,\alpha}^p = 0,670 \text{ МПа}.$$

На основании выполненных проверок прочности по нормальным и касательным напряжениям, а также проверки устойчивости плоской формы изгиба

и по главным площадкам напряжений установлено, что несущая способность балки обеспечена. Коэффициенты использования по различным условиям равны:

$$k_{\text{исп, max}} = \max \begin{cases} k_{\text{исп}}(\sigma) = 0,50, \\ k_{\text{исп}}(\tau) = 0,17, \\ k_{\text{исп}}(\varphi_M) = 0,43, \\ k_{\text{исп}}(\sigma_1) = 0,54. \end{cases}$$

Т.к. наибольший коэффициент использования получился при действии главных растягивающих напряжений под углом 45° , то расчет выполняется под этим углом.

4. Значение постоянной физического износа для конструкций из материала LVL неизвестно. Поэтому расчет будет выполнен как для вновь проектируемой конструкции при $n = 1$.

5. Расчет срока службы выполнен по формулам (2.2, 2.3, 2.7, 2.8), методом итераций для момента эксплуатации, когда относительная надежность будет ниже минимально установленной.

$$x_{cp} = (121,3 \cdot 10^3 - 2,24 \cdot 10^{-4} \cdot 0,36 \cdot 10^6) / (8,314 \cdot 298) = 48,93$$

Поскольку по результатам поверочных расчетов установлено, что на 50 год эксплуатации несущая способность обеспечена, то определение срока службы выполним начиная с 50 года службы конструкции. Результаты расчета изменения относительной надежности во времени приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Значение относительной надежности, рассчитанной с использованием функции Лапласа по параметрам кинетической теории прочности

Срок службы в годах	Значение переменной X	X_{cp}	Индекс безопасности	Относительная надежность по прочностному показателю
50	43,749	48,93	1,0582	0,855024
51	43,805		1,0469	0,852424
52	43,861		1,0355	0,849772
53	43,917		1,0239	0,847066
54	43,974		1,0123	0,844306
55	44,031		1,0006	0,841490
56	44,089		0,9888	0,838618
57	44,147		0,9769	0,835687
58	44,206		0,9649	0,832698
59	44,265		0,9528	0,829649

60	44,325		0,9406	0,826538
61	44,385		0,9283	0,823365
62	44,446		0,9159	0,820129
63	44,507		0,9033	0,816827
64	44,569		0,8907	0,813460
65	44,631		0,8780	0,810026
66	44,694		0,8652	0,806523
67	44,757		0,8522	0,802950
68	44,821		0,8391	0,799306
69	44,885		0,8260	0,795591
70	44,950		0,8127	0,791801
71	45,016		0,7993	0,787937
72	45,082		0,7858	0,783997
73	45,149		0,7721	0,779980
74	45,216		0,7584	0,775884
75	45,284		0,7445	0,771707
76	45,353		0,7305	0,767450
77	45,422		0,7163	0,763110
78	45,492		0,7021	0,758686
79	45,562		0,6877	0,754178
80	45,633		0,6732	0,749582
81	45,705		0,6585	0,744899
82	45,777		0,6437	0,740127
83	45,850		0,6288	0,735265
84	45,924		0,6138	0,730311
85	45,998		0,5986	0,725265
86	46,073		0,5832	0,720124
87	46,149		0,5677	0,714889
88	46,225		0,5521	0,709557
89	46,303		0,5363	0,704127
90	46,381		0,5204	0,698600
91	46,459		0,5043	0,692972
92	46,539		0,4881	0,687244
93	46,619		0,4717	0,681415

Графическое представление результата расчета представлено на рисунке 5.5.

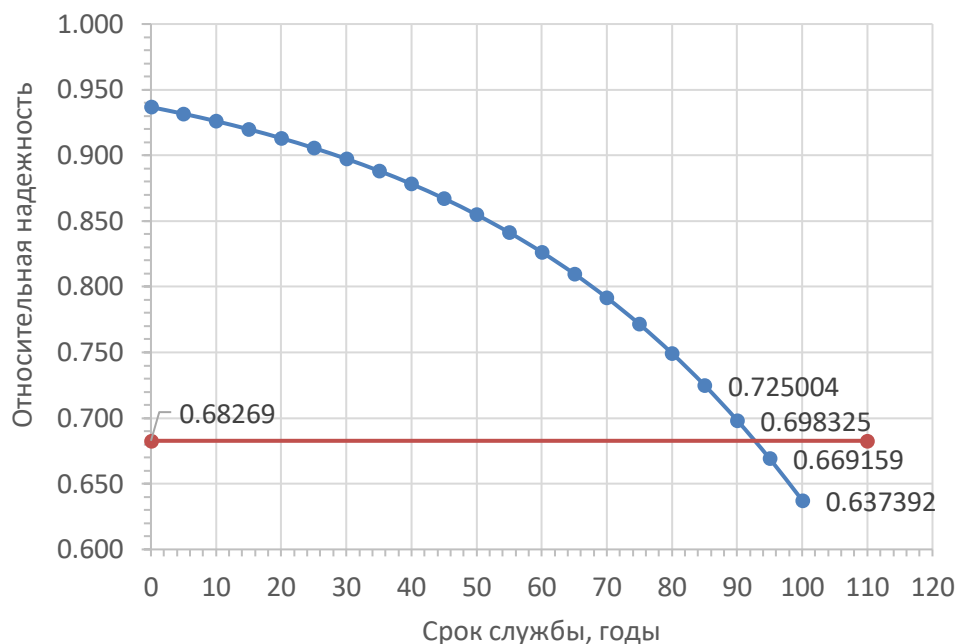


Рисунок 5.5 – График расчета срока службы: синяя линия – значения P_1 , полученные расчетным путем; красная линия – уровень $P_{\min}$ для аварийного технического состояния.

По результатам расчета было определено, что срок службы конструкции до момента наступления аварийного состояния при действии главных растягивающих напряжений под углом 45° составит 93 года.

5.2.2 Определение срока службы балки как для находящейся в эксплуатации

1. Выбрана аварийная категория технического состояния: $P_{\min} = 0,80$.
2. Данные по длительной прочности и значениям термофлуктуационных констант не требуется.
3. По результатам визуального обследования балок установлено, что балки имеет следы замачивания верхнего слоя шпона на площади до 30 %, биопоражения участков грибом на площади не более 3% (см рис. 5.6-5.7).



Рисунок 5.6 – Следы замачивания верхнего слоя шпона



Рисунок 5.7 – Биопоражения участков грибом

Физический износ на основании разработанной таблицы (см. таблица 2.4) определен равным 5%.

4. Относительная надежность равна:

$$\begin{aligned}
 P_2 &= 1,0714 \cdot \Phi^3 - 1,3929 \cdot \Phi^2 + 0,0357 \cdot \Phi + 0,99 = \\
 &= 1,0714 \cdot 0,05^3 - 1,3929 \cdot 0,05^2 + 0,0357 \cdot 0,05 + 0,99 = 0,9884
 \end{aligned}$$

5. Постоянная износа будет равна:

$$\lambda = -\frac{\ln P_2}{t_{\text{эксн}}} = -\frac{\ln 0,9884}{5} = \frac{0,011668}{5} = 0,0023268.$$

6. Гамма-процентный ресурс до наступления аварийного состояния:

$$t_{\text{ГПР}} = -\frac{\ln P_{\min}}{\lambda} = -\frac{\ln 0,80}{0,0023268} = \frac{0,223}{0,0023268} = 95,93 \approx 96 \text{ лет.}$$

7. Остаточный ресурс будет равен:

$$t_{\text{ост}} = t_{\text{ГПР}} - t_{\text{ф}} = 96 - 5 = 91 \text{ год}$$

Таким образом, на основании визуальной оценки технического состояния остаточный ресурс балки из LVL составляет 91 год.

5.2.3 Определение срока службы балки при учете совместного влияния деградации прочностных свойств и фактического физического износа

Определим срок службы и остаточный ресурс при $n = 2$, когда учитывается совместное действие длительной прочности и физического износа. За исходные данные приняты расчетные значения, полученные в предыдущих разделах: постоянная износа – $\lambda = 0,0023$ (см. раздел 5.2.2); $X_{\text{ср}} = 48,93$, коэффициент вариации равен 10% (см. раздел 5.2.1). Результаты приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Значение обобщенного показателя относительной надежности рассчитанной с использованием функции Лапласа по параметрам кинетической теории прочности и фактической постоянной физического износа

Срок службы в годах	Значение переменной X	$X_{\text{ср}}$	β	Относительная надежность по прочностному показателю	λ	Относительная надежность по физическому износу	Обобщенный показатель относительной надежности
50	43,749	48,93	1,0582	0,855024	0,0023	0,890202	0,872076
51	43,805		1,0469	0,852424		0,888134	0,869731
52	43,861		1,0355	0,849772		0,886070	0,867361
53	43,917		1,0239	0,847066		0,884011	0,864967
54	43,974		1,0123	0,844306		0,881957	0,862546
55	44,031		1,0006	0,841490		0,879908	0,860099
56	44,089		0,9888	0,838618		0,877864	0,857626
57	44,147		0,9769	0,835687		0,875824	0,855124
58	44,206		0,9649	0,832698		0,873789	0,852595

59	44,265		0,9528	0,829649		0,871759	0,850036
60	44,325		0,9406	0,826538		0,869734	0,847448
61	44,385		0,9283	0,823365		0,867713	0,844830
62	44,446		0,9159	0,820129		0,865697	0,842181
63	44,507		0,9033	0,816827		0,863685	0,839500
64	44,569		0,8907	0,813460		0,861679	0,836787
65	44,631		0,8780	0,810026		0,859677	0,834040
66	44,694		0,8652	0,806523		0,857679	0,831260
67	44,757		0,8522	0,802950		0,855686	0,828445
68	44,821		0,8391	0,799306		0,853698	0,825595
69	44,885		0,8260	0,795591		0,851715	0,822708
70	44,950		0,8127	0,791801		0,849736	0,819785
71	45,016		0,7993	0,787937		0,847761	0,816823
72	45,082		0,7858	0,783997		0,845792	0,813823
73	45,149		0,7721	0,779980		0,843827	0,810783
74	45,216		0,7584	0,775884		0,841866	0,807703
75	45,284		0,7445	0,771707		0,839910	0,804581
76	45,353		0,7305	0,767450		0,837959	0,801418
77	45,422		0,7163	0,763110		0,836012	0,798210
78	45,492		0,7021	0,758686		0,834069	0,794959
79	45,562		0,6877	0,754178		0,832131	0,791663
80	45,633		0,6732	0,749582		0,830198	0,788321
81	45,705		0,6585	0,744899		0,828269	0,784931
82	45,777		0,6437	0,740127		0,826345	0,781494
83	45,850		0,6288	0,735265		0,824425	0,778007
84	45,924		0,6138	0,730311		0,822509	0,774471
85	45,998		0,5986	0,725265		0,820598	0,770883
86	46,073		0,5832	0,720124		0,818691	0,767243
87	46,149		0,5677	0,714889		0,816789	0,763550
88	46,225		0,5521	0,709557		0,814891	0,759802
89	46,303		0,5363	0,704127		0,812998	0,755999
90	46,381		0,5204	0,698600		0,811109	0,752139
91	46,459		0,5043	0,692972		0,809225	0,748222
92	46,539		0,4881	0,687244		0,807344	0,744246
93	46,619		0,4717	0,681415		0,805469	0,740210
94	46,700		0,4518	0,674295		0,803597	0,736113
95	46,782		0,4351	0,668249		0,801730	0,731953
96	46,864		0,4182	0,662098		0,799867	0,727730
97	46,948		0,4011	0,655843		0,799867	0,727730
98	47,032		0,3839	0,649482		0,798009	0,723442
99	47,117		0,3665	0,643015		0,796155	0,719089
100	47,203		0,3490	0,636442		0,794305	0,714668
101	47,290		0,3312	0,629761		0,792459	0,710179
102	47,377		0,3133	0,622973		0,790618	0,705621

103	47,466		0,2952	0,616077		0,788781	0,700992
104	47,555		0,2769	0,609074		0,786949	0,696291
105	47,646		0,2584	0,601962		0,785120	0,691517
106	47,737		0,2398	0,594743		0,783296	0,686669
107	47,829		0,2209	0,587415		0,779660	0,676745

В результате расчета с учетом деградации прочностных свойств и физического износа срок службы на основании данных визуального технического обследования получен равным 77 годам. Остаточный ресурс равен 72 годам.

Анализируя полученные результаты, можно заметить, что срок службы при значении относительной надежности $P_{\min} = 0,68269$ как для вновь проектируемых конструкций равен 107 годам, остаточный ресурс соответственно равен 102 годам. Это связано с тем, что получаемое среднее геометрическое значение сглаживает результаты расчетов по двум методам по отдельности. Однако использование такого значения как итогового является неверным, потому что в данном случае предполагается, что оба критерия вносят существенный вклад в конечный срок службы. А поскольку весовой коэффициент каждого из критериев в реальности нам неизвестен, то необходимо брать значение рассчитанного срока службы при большем значении относительной надежности. Поэтому за итоговый результат следует принимать значение остаточного ресурса, получаемое при $P_{\min} = 0,80$, т.е. 72 года.

5.3 Выводы по пятой главе

1. В результате выполненных экспериментальных исследований LVL-балок длиной 6 м по ГОСТ 57790-2017 [203] определены приведенное время, поправочный коэффициент и коэффициент безопасности испытанных конструкций. Установлено, что несущая способность испытанных балок обеспечена.

2. Выполнен расчет срока службы испытанной балки как для вновь проектируемого объекта. На его основании сделан вывод о необходимости учета действия напряжений под углом к волокнам при определении сроков службы.

3. По результатам визуального обследования выявлены дефекты и повреждения испытанных балок, которые на протяжении нескольких лет находились на открытом воздухе. Установлено, что разработанные таблицы для оценки физического износа балочных конструкций из LVL соотносятся с реальными дефектами, поэтому могут быть использованы в практике обследования.

4. Определены расчетные сроки службы при совместном учете деградации прочностных свойств и величины физического износа испытанных балок. Отмечено, что применение среднего геометрического значения сглаживает результаты расчетов по двум критериям по отдельности и позволяет получить более адекватную оценку срока службы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя результаты проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

1. На основе выполненного анализа состояния вопроса по определению долговечности несущих деревянных конструкций обнаружено, что отсутствует метод, который позволял бы оценить совместное влияния физического износа и деградации прочностных свойств деревянных конструкций на срок службы и остаточный ресурс; выявлено, что недостаточно исследован вопрос влияния толщины элемента и угла наклона волокон на кратковременное и длительное сопротивление многослойного клееного бруса из шпона типа 1; установлено, что возможно определение длительной прочности ускоренным методом при различных скоростях нагружения.

2. Предложены аналитические зависимости для прогнозирования остаточного ресурса и сроков службы балочных конструкций из LVL с учетом факторов деградации прочностных свойств и физического износа.

3. Получены зависимости кратковременной прочности LVL при растяжении от угла наклона волокон. Установлено превышение нормативного сопротивления, рассчитанного по СП 64.13330 [87], над экспериментальными данными при растяжении LVL под углом, что свидетельствует о необходимости корректировки несущей способности при расчете балочных конструкций из LVL.

4. Разработан ускоренный метод определения длительной прочности на основе данных кратковременных испытаний образцов с различными скоростями нагружения, определены зависимости коэффициента длительной прочности LVL при растяжении под углами 0° , 45° , и 60° .

5. Верификация результатов, полученных прямым методом, при растяжении образцов из LVL, с помощью созданной экспериментальной установки, подтвердила хорошую сходимость (4-10%) с данными, полученными ускоренным методом.

6. Предложен алгоритм оценки остаточного ресурса и сроков службы как при проектирования новых, так и находящихся в эксплуатации балочных конструкций из LVL, при учете совместного влияния физического износа и деградации прочностных свойств, что позволяет повысить достоверность оценки эксплуатационной надежности и безопасность дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

Провести исследование и разработать таблицы-определители физического износа для новых материалов на основе клееной древесины, в зависимости от объёма и видов накопленных повреждений, сформировать базу данных постоянной физической износа, для разных видов деревянных конструкций.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

В настоящей диссертационной работе соискателем даны авторские определения. При написании данных определений соискатель опирался на общепризнанные взгляды научного и профессионального сообщества при толковании, приведенной терминологии.

Физический срок службы конструкций – продолжительность нормальной эксплуатации, отсчитываемая от момента полного завершения возведения (устройства) строительной конструкции, с предусмотренным техническим обслуживанием и ремонтными работами (включая капитальный ремонт) до состояния, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима.

Ресурс – суммарная наработка строительной конструкции от начала эксплуатации или возобновления эксплуатации после ремонта до момента достижения строительной конструкции предельного состояния.

Остаточный ресурс – суммарная наработка строительной конструкции от момента контроля технического состояния до момента достижения строительной конструкции предельного состояния.

Физический износ конструкции – изменение размеров, формы или состояния поверхностей, физико-механических, химических, электротехнических и иных свойств материалов конструкции в процессе эксплуатации, приводящее к ухудшению технических и связанных с ними эксплуатационных показателей, вызванное воздействием факторов окружающей среды.

Примечание. Процесс естественной деградации прочностных свойств материала конструкции не входит в понятие физического износа. В рамках разрабатываемой концепции он математически описан как отдельный критерий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белянкин Ф.П. Метод расчета деревянных конструкций по предельным состояниям и задачи исследования длительной сопротивляемости древесины // Исследования прочности и деформативности древесины. - М.: Госстройиздат, 1956, - С.5-20.
2. Быковский В.Н. Сопротивление материалов во времени с учетом статистических факторов. - М.: Госстройиздат, 1958, - 150 с.
3. Быковский В.Н. Применение механики упруго-вязких тел к построению теории сопротивления древесины с учетом фактора времени // Исследования прочности и деформативности древесины. - М.: Госстройиздат, 1956, - С.32-41.
4. Иванов Ю.М. Предел пластического течения древесины. - М.: Госстройиздат, 1949. - 198 с.
5. Иванов Ю.М. Работа древесины под действием повторной статической нагрузки // Исследования по деревянным конструкциям. - М.: Стройиздт, 1950, - С.6-27.
6. Иванов Ю.М. Современное состояние исследований длительного сопротивления древесины// Исследования прочности и деформативности древесины. - М.: Стройиздат, 1956, - С.42-55.
7. Иванов Ю.М. О предельных состояниях деревянных элементов, соединений и конструкций. - М.: Стройиздат, 1947, - 99 с.
8. Иванов Ю.М. Длительная прочность древесины // Изв.вузов. Лесной журнал. - 1972. - № 4. - С.76-82.
9. Иванов Ю.М. Влияние влажности на длительную прочность древесины // Изв.вузов. Лесной журнал. - 1975. - № 5. - С.90-97.
10. Иванов Ю.М. Длительная несущая способность деревянных конструкций // Изв.вузов. Строительство и архитектура. - 1972. - № 11. - С.6-12.
11. Иванов Ю.М. О зависимости коэффициента Y в уравнении долговечности от содержания пластификатора // Высокомолекулярные соединения. - Т.23, - № 2, - 1981, - С.119-121.

12. Иванов Ю.М. О нелинейной зависимости предела вынужденной эластичности от содержания пластификатора. - Т,24 Б, - № 8. - 1982. - С.585-589.

13. Иванов Ю.М., Славик Ю.Ю. К методике прогнозирования длительной прочности соединений древесины на фенольных клеях // Изв.вузов. Лесной журнал. - 1987. - № 4. - С,66-71.

14. Кашкаров К.П. Длительное сопротивление древесины // Исследования прочности и деформативности древесины. - М.: Госстрой ~ издат, 1956. - С.68-92.

15. Коцегубов В.П. Некоторые вопросы долговременного сопротивления древесины сосны сжатию вдоль волокон // Исследования прочности и деформативности древесины. - М.: Госстройиздат, 1956. - С. 127-140.

16. Михайлов В.Г. О длительном сопротивлении древесины и методе его ускоренного определения // Исследования прочности и деформативности древесины. - М.: Госстройиздат, 1956. - С.107-117.

17. Орлович Р.Б. Прочность конструкций из современных древесных материалов при длительных эксплуатационных воздействиях // Доклады к Всесоюзному семинару по работоспособности деревянных конструкций. - Воронеж, 1990. -С.13-18.

18. Фрейдин А.С. , Отарбаев Ч.Т., Шамарина Л.М. Длительная прочность и деформативность цементно-стружечных плит // Изв.вузов. Строительство и архитектура. - 1989. - № 12. - С.20-23.

19. Кравцов, Е. А. К вопросу расчета деревянных балок цельного сечения с учетом длительного действия нагрузки// Труды ГИСИ, вып. 45 / Е. А. Кравцов. — Горький, 1964. - С. 42-48.

20. Цапаев, В.А. Длительная прочность и деформативность конструкционных древесно-цементных материалов и несущих элементов на их основе : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.23.01 / Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун-т. - Нижний Новгород, 2001. - 46 с.

21. Иванов Ю.М. Исследования физических свойств древесины / Иванов Ю.М., Баженов В.А. - М.: Изд-во АН СССР, 1959. - 239 с.

22. Иванов Ю.М. О методе оценки длительной прочности древесины и фанеры / Иванов Ю.М., Лобанов Ю.А. // ИВУЗ: Строительство. - Новосибирск, 1977.-№ 9. - С 25-30.

23. Иванов Ю.М. Длительная прочность древесины при растяжении поперек волокон / Иванов Ю.М., Славин Ю.Ю. // ИВУЗ: Строительство. - Новосибирск, 1986. - № 10. - С. 22-26.

24. Иванов Ю.М. О физико-механических испытаниях модифицированной древесины / Иванов Ю.М. // Пластификация и модификация древесины. - Рига, 1970. -С. 17-25.

25. Иванов, Ю.М. О длительной прочности древесины по результатам испытаний образцов крупного размера / Ю. М. Иванов // ИВУЗ, «Лесной журнал». – №1, 1978. – Архангельск: Архангельский лесотехнический институт. – с. 77-83.

26. Леннов, В.Г. Исследование прочности и деформативности древесины сосны под действием длительной нагрузки применительно к теории расчета элементов деревянных конструкций: автореф.дис. .д-ра техн.наук / В.Г. Леннов; ЛИСИ. Л., 1958. - 55 с.

27. Леонтьев Н.Л. Экспериментальные исследования сопротивления древесины длительному действию нагрузки // Исследования прочности и деформативности древесины. - М.: Госстройиздат, 1956. - С.118-126.

28. Леонтьев Н.Л. Длительное сопротивление древесины / Н.Л. Леонтьев. - М.-Л.: Гослесбумиздат, 1957. 132 с.

29. Леонтьев Н.Л. Влияние влажности на физико-механические свойства древесины / Леонтьев И.Л. - М.: Госбумиздат, 1962. - 114 с.

30. Леонтьев И.Л. Упругие деформации древесины / Леонтьев Н.Л. - Л.: Гослесбумиздат, 1952. - 120 с.

31. Славик, Ю.Ю. Влияние основных эксплуатационных факторов на безопасность деревянных конструкций / Ю.Ю. Славик // Исследования в области деревянных конструкций. М.: ЦНИИСК, 1985. - С. 107-117.

32. Славик Ю.Ю. Вопросы оценки надежности деревянных конструкций / Ю.Ю. Славик и др. // Состояние и перспективы исследований в области деревянных конструкций. М.: ЦНИИСК, 1983. - С.94-105.

33. Уголев Б.Н. Испытание древесины и древесных материалов / Б.И. Уголев.- М.: Лесн. пром-сть, 1965.-251 с.

34. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке /Б.Н. Уголев. - М.: Лесн. пром-сть, 1971. 174 с.

35. Сашин, М.А. Прогнозирование и повышение долговечности и длительной прочности древесины в строительных изделиях и конструкциях: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / М. А. Сашин; ТГТУ. – Тамбов, 2006. – 182 с.

36. Квасников Е.Н. Вопросы длительного сопротивления древесины / Е.Н. Квасников. – Л.: Стройиздат, 1972. – 95 с.

37. Квасников Е.Н. О напряженном состоянии древесины при изгибе. / Инженерные конструкции: XXX научная конференция. Л: ЛИСИ, 1972. -С. 106-114.

38. Квасников Е.Н. Длительное сопротивление древесины при различных режимах нагружения / Инженерные конструкции: XXXI научная конференция. Л: ЛИСИ, 1973. -С. 92-96.

39. Орлович Р.Б. Длительная прочность и деформативность конструкций из современных древесных материалов при основных эксплуатационных воздействиях: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Р.Б. Орлович. – М., 1991. – 40 с.

40. Коцегубов, В.П. Исследование упругих и пластических свойств древесины при длительных нагрузках / В. П. Коцегубов // Труды Ленингр. Военно-воздушной инженерной академии. — Вып. 105., 1955. 36 с.

41. Ярцев В.П. Физико-технические основы работоспособности органических материалов в деталях и конструкциях: диссертация ... доктора технических наук : 05.23.05. - Тамбов, 1998. - 363 с.

42. Киселева О.А. Прогнозирование работоспособности древесностружечных и древесноволокнистых композитов в строительных

изделиях : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.05. - Воронеж, 2003. - 208 с.

43. Мамонтов С.А. Разработка методики прогнозирования долговечности древесных композитов с учетом их старения : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Мамонтов Семен Александрович; [Место защиты: Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т]. - Воронеж, 2016. - 21 с.

44. Сузюмов А.В. Методика прогнозирования долговечности фанеры в строительных изделиях : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.05 / Сузюмов Александр Владимирович; [Место защиты: Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т]. - Воронеж, 2010. - 19 с.

45. Умнова О.В. Несущая и деформационная способность стеклопластиковых нагельных соединений в деревянных конструкциях с учетом времени и температуры эксплуатации : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.01. - Воронеж, 2005. - 188 с.

46. Рощина С.И. Прочность и деформативность клееных армированных деревянных конструкций при длительном действии нагрузки : диссертация ... доктора технических наук : 05.23.01. - Москва, 2009. - 397 с.

47. Молотовщиков С.Л. Прочность и деформативность армированных деревянных балок при длительном действии нагрузки : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.01. - Владимир, 1999. - 19 с.

48. Кляйман М.А. Изгиб предварительно напряженных деревянных клееных балок со стеклопластиковой арматурой при длительном действии нагрузок : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.01. - Минск, 1984. - 158 с.

49. Антипов Д.В. Прочность и деформативность клеедеревянной балки с учетом времени, влажности и температуры эксплуатации : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.01 / Антипов Денис Вячеславович; [Место защиты: Воронеж. гос. архитектур.-строит. ун-т]. - Воронеж, 2010. - 18 с.

50. Алимов, С. А. Длительная прочность и деформативность клееной древесины при изгибе / С. А. Алимов, — Исследование строительных конструкций с применением полимерных материалов, вып. 2, ВГУ, -Воронеж, 1975. С. 97- 102.

51. Касаткин, В. Б. Долговременные испытания армодеревянных балок в условиях Крайнего Севера /В. Б. Касаткин, В. Ф. Бондин // Изв. Вузов "Строительство и архитектура". —№9 11.- 1972. — с. 12-14.

52. Гринь И.М. / проектирование и расчет деревянных конструкций: И.М Гринь, В. В. Фурсов, Д. М. Бабушкин и др; Под ред И.М Гринь - К будивэльник, 1998. - 204 с.

53. Чан, Куок Фонг. Развитие методов расчета узловых соединений деревянных конструкций из ЛВЛ с применением самонарезающих нагелей : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.23.01 / Чан Куок Фонг; [Место защиты: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет]. - Санкт-Петербург, 2021. - 26 с.

54. Ли, В.Д. Конструкции из дерева и пластмасс. [Текст] :учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.Д. Ли. — Томск : Издво Том. гос. архит.строит.ун-та, 2012.—476 с.

55. Малышкин, А. П. Отечественный опыт применения LVL-бруса в несущих конструкциях / А. П. Малышкин, О. М. Максимова // Вестник евразийской науки. – 2023. – Т. 15. – № 5. – URL: <https://esj.today/PDF/42SAVN523.pdf>.

56. Шмидт А.Б. Балка из LVL на винтах-саморезах // Патент на полезную модель RU 196193 U1, 19.02.2020. Заявка № 2019134513 от 28.10.2019.

57. Черных А. Г., Данилов Е.В Методы исследования соединений деревянных конструкций на когтевых шпонках //Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №. 2. – С. 150-150.

58. Серов Е.Н. Проектирование деревянных конструкций: учеб. пособие / Е.Н. Серов, Ю.Д. Санников, А.Е. Серов; под ред. Е.Н. Серова. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 536 с.

59. DIN EN 10147 Continuously hot-dip zinc coated structural steel sheet and strip – Technical delivery conditions. – CEN, 2000. – 24 p.

60. Jiao P. Analytical evaluations of buckling behavior of wood composite I-joist with sinusoidal web. – West Virginia University, 2012.

61. Jiao P. et al. Lateral-torsional buckling analysis of wood composite I-beams with sinusoidal corrugated web //Thin-Walled Structures. – 2017. – Т. 119. – P. 72-82.

62. McGraw B. Strength Evaluation of Wood I-Joist with Sinusoidal Web. – West Virginia University, 2012.

63. Miller, J.F. Design and Analysis of Mechanically Laminated Timber Beams Using Shear Keys: PhD thesis in Civil Engineering / J. F. Miller; Michigan Technological University. – 2009. – 211 p.

64. European Technical Approval ETA-07/0136. Poutre NAIL-WEB // Centre Scientifique et Technique du Batiment. – 2017, – P. 17. – Text : direct.

65. Ажермачев, Г.А. Балки с волнистыми стенками / Г.А. Ажермачев // Промышленное строительство. – 1963. – №4. –С. 54-56.

66. Бирюлев, В. В., Кошин, И. И., Крылов, И. И., Сильвестров, А. В. Проектирование металлических конструкций: специальный курс. Учебное пособие для вузов / В. В. Бирюлев, И. И. Кошин, И. И. Крылов, А. В. Сильвестров. – Л.: Стройиздат, 1990. – 432 с.

67. Зубков В. А., Лукин А. О. Экспериментальные исследования влияния технологических и конструкционных параметров на несущую способность металлических балок с гофрированной стенкой //Вестник МГСУ. – 2013. – №. 2. – С. 37-46.

68. Клеван, В.И. Расчет составных изгибаемых деревянных элементов с учетом нелинейной работы // Инженерный вестник Дона. – 2023. – № 9(105). – с. 495-512.

69. Коваль, П. С., Черных, А. Г., Данилов, Е. В., Клеван, В. И., Белов, В. В. О работе составных двутавровых балок со стенкой из профилированного стального листа и поясами из однонаправленного клееного шпона / П. С. Коваль, А. Г. Черных, Е. В. Данилов, В. И. Клеван, В. В. Белов // Вестник гражданских инженеров, СПбГАСУ. – СПб, 2022. – №6 (95). – С. 5–9.

70. Клеван, В.И. Экспериментальное исследование деформативности и несущей способности составных двутавровых балок со стенкой из профилированного стального листа и поясами из LVL // Вестник гражданских

инженеров. – 2023. – № 5(100). – с. 13-20. DOI: 10.23968/1999-5571-2023-20-5- 13-20

71. Клеван, В.И. Экспериментальные исследования металлодеревянных балок двутаврового сечения со стальной гофрированной стенкой / А.Г. Черных, В.И. Клеван, А.В. Игнатович, М.М. Мухаммедов, // Инновации в деревянном строительстве. Материалы 11-й Международной научнопрактической конференции. – СПб: СПбГАСУ, 2021. – С. 26-37.

72. ТУ 53 66-052-69150009120-2013 Брус клееный из шпона laminated veneer lumber) ULTRALAM. Введ. 2022-10-10. Торжок: ООО «СТОД», 2022.

73. Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе «Исследование долговечности бруса клееного многослойного из шпона (далее – LVL – laminated veneer lumber) и обоснование сроков службы для строительных LVL-конструкций» // Рег. № НИОКТР: 123051700023-2. СПбГАСУ, 2023, - 329 с.

74. Ardalany, M., Deam, B. and Fragiaco, M. (2012) "Experimental results of fracture energy and fracture toughness evaluation of Radiata Pine Laminated Veneer Lumber (LVL) in mode I (opening)." Journal of Materials and Structures RILEM 45(8): 1189-1205.

75. Ardalany, M., Deam, B., Fragiaco, M. and Carradine, D. (2012) "Experimental and numerical analysis of hole placement in depth of Laminated Veneer Lumber (LVL) beams." Australian Journal of Structural Engineering (AJSE): 1-11 (Accepted).

76. Ardalany, M., Fragiaco, M., Deam, B. and Crews, K. (2012) "Analytical cracking load estimation of Laminated Veneer Lumber (LVL) beams with holes." Journal of Holz als Roh- und Werkstoff (Accepted).

77. Ardalany, M., Fragiaco, M., Moss, P. and Deam, B. (2012). "A new model for tensile load prediction in the reinforcement around the holes in shear dominant areas in Laminated Veneer Lumber (LVL) beams." Journal of Materials and Structures RILEM (Accepted): 1-32.

78. Ardalany, M., Carradine, D., Fragiaco, M. and Deam, B. (2012). "Experimental tests on Laminated Veneer Lumber (LVL) beams with holes and different

methods of reinforcement of the holes", Journal of Structures and Buildings (under review).

79. Ardalany, M., Fragiaco, M., Deam, B. and Buchanan, A. (2012) Design of reinforcement around holes in Laminated Veneer Lumber (LVL) beams, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2012), P. Quenneville, Auckland, New Zealand 1: 539-547.

80. Ardalany, M., Deam, B., Fragiaco, M. and Crews, K. (2010) "Tension perpendicular to grain strength of wood, Laminated Veneer Lumber (LVL) and Cross banded LVL (LVL-C)." 21st Australasian Conference on the Mechanics of Structures and Materials: 891- 896.

81. Ardalany, M., Deam, B. and Fragiaco, M. (2010) Numerical investigation of the load carrying capacity of Laminated Veneer Lumber (LVL) joists with holes, World Conference on Timber Engineering (WCTE 2010). Riva del Garda, Italy.

82. Глухих В.Н., Опбул Э.К., Калдар-оол А-Х.Б. Упругие свойства и прочность анизотропных материалов в строительстве. Научное издание – Кызыл.: Издательство ТувГУ, 2022, - 101 с.

83. Manoochehr Ardalany (2012) Analysis and design of laminated veneer lumber beams with holes. Doctor of Philosophy in Civil Engineering. p. 315.

84. Aicher, S. and Hofflin, L. (2002). "Glulam beams with round holes: A comparison of different approaches vs. test data." Proceedings of CIB-W18, Meeting 35, Paper 35-12- 1, Kyoto, Japan, University of Karlsruhe.

85. KERTO MANUAL, KERTO-Q, JUNE 2016. URL: <https://www.metsagroup.com/globalassets/metsa-wood/attachments/kerto-lvl-manual/en/kerto-manual-lvl-q-panel.pdf> (дата обращения 02.10.2023).

86. СТО 45484225-001-2014 Стандарт организации. Деревянные конструкции. Многослойный клееный из шпона материал Kerto® (Керто). Общие технические требования. Утвержден и введен в действие приказом генерального директора ООО «Метса Форест Санкт-Петербург» № 7-од от 25.06.2014 г.

87. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-25–80. Введ. 2017–08–28. М.: Минстрой России, 2017.

88. ГОСТ 33124-2021. Брус многослойный клееный из шпона. Технические условия. Введен 2022–09–01. М.: ФГБУ «РСТ», 2022.

89. Отчет о научно-исследовательской и опытно-конструкторской работе «Проведение исследований по определению прочностных и упругих характеристик бруса клееного многослойного из шпона (LVL) при длительном действии нагрузок». Рег. № НИОКТР: 122113000137-9. АО «НИЦ «Строительство», 2022, - 169 с.

90. ОДМ 218.0.018-05. Определение износа конструкций и элементов мостовых сооружений на автомобильных дорогах.

91. G.M.Skibin, M.N.Shutova, A.I.Subbotin Approaches for Development of a Universal Method for Calculating the Residual Life of Buildings and Structures. Procedia Engineering Volume 150, 2016, Pages 1715-1720. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.160>.

92. Варфоломеев, А.Ю. Накопление повреждений в деревянных конструкциях при длительной эксплуатации в условиях биологической агрессии : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.01 / Варфоломеев Андрей Юрьевич; [Место защиты: Науч.-исслед. центр "Строительство"]. - Москва, 2010. - 157 с.

93. Варфоломеев А.Ю. Учет динамики биологической деструкции древесины при расчете эксплуатируемых конструкций: // Строительные материалы. Науч.-технич. и произв. журнал - № 7, 2012. – С. 107-109.

94. Варфоломеев А.Ю. Прогнозирование накопления биологических повреждений в длительно эксплуатируемых деревянных конструкциях: [текст] / А.Ю.Варфоломеев // Жилищное строительство. Науч.-технич. и произв. журнал - №4, 2011.

95. Стрельцов, Д.Ю. Исследование несущей способности длительно эксплуатируемых деревянных конструкций: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Д. Ю. Стрельцов; ЦНИИСК. – Москва, 2003. – 168 с.

96. Кистерная, М. В. Оценка состояния древесины архитектурных памятников: дисс. ... канд. техн. наук: 05.21.05 / М. В. Кистерная; Институт леса карельского научного центра РАН. – Москва, 2000. – 124 с.

97. T.A.Krakhmal'ny, S.I.Evtushenko, M.P.Krakhmal'naya Improvement of a Method of Calculation of a Residual Resource of Small Reinforced Concrete Bridge Constructions. Procedia Engineering Volume 150, 2016, Pages 1797-1803 <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.173>.

98. Ганиев И.Г. Расчет безопасного времени работы пролетных строений по величине накопленного износа // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, журн. 2008, № 21: стр. 105-106.

99. Шмелев Г.Д. Экспертный метод прогнозирования остаточного срока службы строительных конструкций по их физическому износу // Строительство и реконструкция .- 2014 .- №3 .- стр. 31-39.

100. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений: методические рекомендации / А. В. Цапулина, Г. Н. Кохало, С. А. Зенин, А. М. Петров; ФАУ ФЦС. – М: Минстрой, 2018. – 50 с.

101. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. – М: 2001.

102. Беляев С.М. Расчет остаточного ресурса зданий с учетом запаса несущей способности конструкций / С. М. Беляев // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. – 2013. – № 3 (11). – С. 22–25.

103. ВСН 53-86(р) Правила оценки физического износа жилых зданий. М., 1988.

104. Хайруллин В.А., Салов А.С., Яковлева Л.А., Валишина В.В. Учет величины физического износа объекта технической эксплуатации при оценке действительной стоимости здания // Интернет-журнал «Наукovedение» Том 7. № 5 (30) 2015. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/219TVN515.pdf> (дата обращения 20.07.2023).

105. Мищенко В.Я., Головинский П.А., Драпалюк Д.А. Прогнозирование темпов износа жилого фонда на основе мониторинга дефектов строительных конструкций. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2009. № 4 (16). С. 111-117.

106. Алексеева Е.Л., Хлёткин А.Ю. Изучение закономерностей физического износа несущих конструкций зданий энергитической и химической отраслей. Наука и безопасность. 2014. № 4 (13). С. 43-47.

107. Васильев А.А. Анализ существующей оценки физического износа конструкций зданий и сооружений. В сборнике: OPEN INNOVATION сборник статей VIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2019. С. 36-38.

108. Тарарушкин Е.В. Применение нечеткой логики для оценки физического износа несущих конструкций зданий. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 10. С. 77-82.

109. Гордеева О.Г. Расчетно-экспериментальные методы экспресс-оценки физического износа и остаточного ресурса зданий и сооружений // Специальность по ВАК: 05.26.02 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях (по отраслям)», 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения» // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Новогорск, 2002.

110. Акопьян В.А., Кабельков А.Н., Черпаков А.В. Некоторые подходы к оценке остаточного ресурса строительных ферменных конструкций. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2009. № 5 (153). С. 89-94.

111. Копцева Е.П., Лазарев А.Н. Краткая характеристика существующих методов оценки физического износа судов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова, № 1(23), 2014. – С. 49-54.

112. Цуканов В.Н. Модифицированный метод срока жизни для расчета физического износа при массовой оценке // Вопросы оценки. 2013. № 3 (73). С. 42-43.

113. Белых А.В. Методика определения величины физического износа нежилых зданий для целей массовой оценки. Журнал правовых и экономических исследований. 2013. № 2. С. 78-86.

114. Соколов В.А. Оценка технического состояния и физического износа строительных конструкций с использованием вероятностных методов технической диагностики. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 1 (661). С. 94-100.

115. Соколов В.А. Построение решения для оценки технического состояния конструктивных систем зданий и сооружений с использованием вероятностных методов распознавания // Инженерно-строительный журнал. 2010. – № 6. – С. 48-57.

116. Моисеенко Р. П. Новый вариант расчета долговечности конструкций / Р. П. Моисеенко // Строительная механика и расчет сооружений научно-технический журнал. М.; [б. и.]; 2007. 2015. - №3. - С. 12-17.

117. Райзер В.Д. Теория надежности сооружений. – М.: Издательство АСВ, 2010. – 384 с.

118. Кудзис А.П. Оценка надежности железобетонных конструкций. – Вильнюс: Мокслас, 1985. – 156 с.

119. Соловьев, С.А. Методы расчета и проектирования деревянных конструкций на заданный уровень надежности : монография / С. А. Соловьев, А. А. Соловьева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Вологодский государственный университет. – Вологда : ВоГУ, 2022. – 138 с.

120. Соловьев, С.А. Методы вероятностного проектирования элементов строительных конструкций на заданный уровень надежности : монография / С. А. Соловьев, А. А. Соловьева ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Вологодский государственный университет. – Вологда : ВоГУ, 2022. – 99 с.

121. Журков С.Н. Проблема прочности твердых тел // Вестник АН СССР. 1957. Вып. 11. С. 78-82.
122. Ратнер С.Б. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность / Ратнер С. В., Ярцев В. П. -М.: Пзд-во "Химия", 1992. - 320 с.
123. Ратнер С.Б. Пути перехода от испытаний образца к прогнозу работоспособности деталей из пластмасс / Ратнер С. Б., Ярцев В. П. // Обзор, инф. Серия "Пластические массы и синтетические смолы." - М.: НИИТЭ-ХИМ, 1982. – 40 С.
124. Регель В.Р. Кинетическая природа прочности твердых тел / В. Р. Регель, А. И. Слуцкер, Э. Е. Томашевский. - Москва : Наука, 1974. - 560 с.
125. С.Н. Журков, Изв. АН СССР, ср. «Неорг. Материалы» 3, 1767 (1967).
126. С.Н. Журков, Вестн. АН СССР, № 3, 46 (1968).
127. А.Н. Слуцкер, Природа, № 8, 36 (1965).
128. В.Р. Регель, А.И. Слуцкер, З.Е. Томашевский , УФН 108, 193 (1972).
129. А.В. Савицкий, канд. Дисс. Ленинград, ФТИ, 1968.
130. Г.М. Бартенев, Ю.С. Зуев Прочность и разрушение высокоэластических материалов, Химия, 1964.
131. В.Р. Регель, Механика полимеров, № 1, 98 (1971).
132. М.Г. Фальковский, В.А. Мальчевский, В.И. Железнов, Тезисы всесоюзн. Научно-тех. симпозиума по инженерной оценке полим. матер. и конструкций из них, Ростов, 191, стр. 97.
133. Золотарев В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов. - Харьков: Высшая школа, 1977, 114 с.
134. Лайус Л.А. Формула долговечности твердых тел: возможны ли варианты? // Высокомолекулярные соединения. Серия Б, 1996, том 38, № 8, с. 1452-1456.
135. Методика определения остаточного ресурса закрытых радионуклидных источников при проведении работ по продлению срока их эксплуатации, // Утверждена Директором ФГУП АТЦ СПб, 2003 – 18 с.

136. Методика оценки остаточного ресурса и показателей надежности закрытых радионуклидных источников при проведении работ по продлению срока их эксплуатации // Утверждена Генеральным директором АО «АТЦ Росатома», 2023 – 67 с.

137. Рекомендации по испытанию соединений деревянных конструкций / ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко. — М.: Стройиздат, 1980. — 40 с.

138. Рекомендации по испытанию деревянных конструкций [Текст] / Центр. науч.-исслед. ин-т строит. конструкций им. В. А. Кучеренко. - Москва : Стройиздат, 1976. - 32 с.

139. Найчук, А.Я. Длительная прочность древесины при растяжении под углом 60° к волокнам [Электронный ресурс] / А.Я. Найчук, А.В. Бондарь // Вестник Брестского государственного технического университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2019. – № 1. – С. 95–98.

140. Найчук, А.Я. Теория и практика дальнейшего развития деревянных конструкций. Ч. 1. Нагрузки, расчетные сопротивления и длительная прочность древесины / А.Я. Найчук, А.А. Погорельцев, Е.Н. Серов. - (Строительные конструкции, здания и сооружения). - Текст : непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. - 2018. - № 6. - С. 38-44. - Библиогр.: с. 43-44.

141. Котлов В.Г. Процессы тепломассопереноса при напряженно-деформированном состоянии нагельных соединений: дисс. ... д-р техн. наук: 02.02.13 / Котлов В.Г., Иваново, 2021. – 342 с.

142. Madsen, B. (1992) Structural behavior of timber.

143. Wood, L.W. (1951) Relation of strength of wood to duration of load. Report No. 1916. Forest Products Laboratory, Madison.

144. Madsen, B. (1971) Duration of load tests for wet lumber in bending. Structural Research Series Report 3. Dept. Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver.

145. Madsen, B. (1973) Duration of load tests for wet lumber in bending. Structural Research Series Report 4. Dept. Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver.

146. Madsen, B. and Barrett, J.D. (1976) Time-strength relationships for lumber, Structural Research Series, Report No. 13. Dept. of Civil Engineering, University of British Columbia, Vancouver.
147. Foschi, R.O. and Barrett, J.D. (1982) Load duration effects in western hemlock lumber. *Journal of the Structural Division. ASCE.* 108(7): 1494-1510.
148. Foschi, R.O. (1989) Reliability-based design of wood structures.
149. Wood Design Manual (2001). Canadian Wood Council.
150. Yao, F.Z. (1987) Reliability of structures with load history-dependent strength and an application to wood members. Master thesis. Dept. of Civil Engineering, University of British Columbia.
151. Barrett, J.D. and Foschi, R.O. (1978) Duration of load and probability of failure in wood, part 1: Modeling creep rupture. *Canadian Journal of Civil Engineering.* 5(4): 505-514.
152. Foschi, R.O., Yao, Z.C. (1986) Another Look at three duration of load models. International Council for Building Research Studies and Documentation Working Comission W18 - Timber Structures CIB-W18/19-9-1 Meeting 19 Florence, Italy.
153. Gerhards, C.C. and Link, C.L. (1987) A cumulative damage model to predict load duration characteristics of lumber. *Wood and Fiber Science.* 19(2): 147-164.
154. Schaffer, E.L. (1973) Effect of pyrolytic temperatures on the longitudinal strength of dry Douglas-fir. *J. Testing and Evaluation.* 1(4): 319-329.
155. Fridley, K.J. Tang, R.C., Soltis, L.A. and Yoo, C.H. (1992c) Hygrothermal effects on loadduration behavior of structural lumber. *Journal of Structural Engineering, Structural Div. ASCE.* 118(4): 1023-1038.
156. Laufenberg, T.L. (1988) Composite products rupture under long-term loads: A technology assessment. Proceedings 22nd International particleboard/composite materials symposium. 1988 March, Pullman, WA, Washington State University. 247-256
157. Pierce, C.B. and Dinwoodie, J.M. (1977) Creep in chipboard, Part 1: Fitting 3- and 4-element response curves to creep data. *Journal of Materials Science.* 12: 1955-1960.

158. Brandt, C.W. and Fridley, K.J. (2003) Load-duration behavior of wood-plastic composites. *ASCE, Journal of Materials in Civil Engineering*. 15(6): 524-536.
159. Pierce, C.B. and Dinwoodie, J.M. (1977) Creep in chipboard, Part 1: Fitting 3- and 4-element response curves to creep data. *Journal of Materials Science*. 12: 1955-1960.
160. Pierce, C.B., Dinwoodie, J.M. and Paxton, B.H. (1979) Creep in chipboard, Part 2: The use of fitted response curves for comparative and predictive purposes. *Wood Science and Technology*. 13: 265-282.
161. Pierce, C.B., Dinwoodie, J.M. and Paxton, B.H. (1985) Creep in chipboard, Part 5: An improved model for prediction of creep deflection. *Wood Science and Technology*. 19: 83-91.
162. Dinwoodie, J.M., Higgins, J.A., Robson, D.J. and Paxton, B.H. (1990) Creep in chipboard, Part 7: Testing the efficacy of models on 7-10 years data and evaluating optimum period of prediction. *Wood Science and Technology*. 24: 181-189.
163. Fridley, K.J., Tang, R.C., and Soltis, L.A. (1992a) Load-duration effects in structural lumber: Strain energy approach. *Journal of Structural Engineering, Structural Div. ASCE*. 118(9). p. 2351-2369.
164. Fridley, K.J., Tang, R.C., and Soltis, L.A (1992b) Creep behavior model for structural lumber. *Journal of Structural Engineering, Structural Div. ASCE*. 118(8). p. 2261-2277.
165. Johns, K. and Madsen, B. (1982) Duration of load effects in lumber. Part I: A fracture mechanics approach. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 9: 502-514.
166. Nielsen, L.F. (1986) Wood as a cracked viscoelastic material. Part I: Theory and applications, and Part II: Sensitivity and justification of a theory. *Proceedings of international workshop on duration of load in lumber and wood products*. Richmond, B.C., Canada. Special Publ. No. SP-27. Forintek Canada Corp., Vancouver, B.C. pp. 67-89.
167. Nielsen, L. F (2000) Lifetime and residual strength of wood subjected to static and variable load. Part I: introduction and analysis, and Part II: applications and design. *Holz Roh- Werkstoff* 58: 81–90,141–152.

168. ГОСТ Р 70877-2023 Конструкции деревянные. Методы определения длительной прочности древесины и древесных материалов. Введен 2023–09–01. М.: ФГБУ «РСТ», 2023.

169. Хрулев В.М. Долговечность и контроль качества клеевых соединений древесины в строительных изделиях и конструкциях : диссертация ... доктора технических наук : 05.00.00. - Новосибирск, 1968. - 478 с. : ил.

170. Белянкин Ф.П. Длительное сопротивление дерева [Текст] / Ф. П. Белянкин ; Пер. с укр. инж. В. Л. Сиваш ; [Предисл.: инж. М. Каган. Проф. Г. Карлсен] ; Центр. науч.-иссл. ин-т пром. сооружений. Сектор деревянных конструкций. - Москва ; Ленинград : Госстройизд-во, 1934 (Л. : тип. "Сов. печатник"). - Обл., 39 с.

171. Белянкин Ф.П. Современные методы расчета прочности элементов деревянных конструкций [Текст] / Ф. П. Белянкин, действ. чл. АН СССР. - Киев : Изд-во Акад. наук Укр. ССР, 1951. - 20 с. : ил.; 22 см. - (Академические чтения / Акад. наук Укр. ССР. Совет науч.-техн. пропаганды).

172. Ерофеев А.В., Горохов Т.И. Способ определения термофлуктуационных констант обобщенного уравнения Журкова методом эталонного пучка // Патент на изобретение RU 2763483 C1, 29.12.2021. Заявка № 2021106680 от 15.03.2021.

173. Ерофеев А.В. Способ определения сроков службы строительных материалов // Патент на изобретение RU 2760177 C1, 22.11.2021. Заявка № 2021106689 от 15.03.2021.

174. Фрейдин, А.С. Прочность и долговечность клеевых соединений / А. С. Фрейдин. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Химия, 1981. - 270 с.

175. Черных А.Г., Корольков Д.И. Определение остаточного ресурса деревянных конструкций. В сборнике: Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт. Материалы IX-ой Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти академика РААСН Чернышова Е.М., 2022. С. 317-321.

176. Черных А.Г., Корольков Д.И., Данилов Е.В., Казакевич Т.Н., Коваль П.С. Оценка гамма-процентного ресурса деревянных конструкций по величине

физического износа // Жилищное строительство. 2022. № 4. С. 66-71. DOI: <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-2-66-71>.

177. Юсупова Г.Ф. Использование функции желательности в оценке уровня техносферной безопасности территории // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. 2017. № 3 (76). С. 67-81.

178. Адлер Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий [Текст] / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский ; АН СССР. Науч. совет по комплексной проблеме "Кибернетика". Секция "Мат. теория эксперимента". - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Наука, 1976. - 279 с.

179. Черных А.Г. Формирование защитно-декоративных покрытий древесины методом налива : диссертация ... доктора технических наук : 05.21.05.- Санкт-Петербург, 1998.- 445 с.

180. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность [Текст]. - Москва : Стройиздат, 1978. - 239 с.

181. Шлете Г. Надежность несущих строительных конструкций/ Пер. с нем. О. О. Андреева.—М.: Стройиздат, 1994. — 288 с: ил. — Перевод, изд.: Gerhard Spaethe. — Die Siclierhcit tragender Bau-konstruktionen.— ISBN 5-274-01208-6.

182. Райзер В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций [Текст] / В. Д. Райзер. - Москва : Стройиздат, 1986. - 190 с.

183. Райзер В.Д. Расчет и нормирование надежности строительных конструкций / В. Д. Райзер. - Москва : Стройиздат, 1995. - 347 с.

184. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании / В. Д. Райзер. - Москва : Изд-во Ассоц. строит. вузов, 1998. - 302 с.

185. Мкртычев, О. В. Теория надежности в проектировании строительных конструкций / О. В. Мкртычев, В. Д. Райзер. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2016. – 906 с.

186. Райзер, В. Д. Вероятностные методы в анализе надежности и живучести сооружений / В. Д. Райзер. – Москва : Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ), 2018. – 396 с.

187. Сморгачев А.А., Кереб С.А., Орлов Д.А., Барановская К.О. Влияние коэффициента вариации на надежность строительных конструкций // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. № 5 (50). С. 164-167.

188. Базанова И.А. Эксплуатационная надежность несущих элементов защитных сооружений // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. 2010. № 3 (64). С. 6-11.

189. Глухов Д.О., Богуш Р.П., Лазовский Е.Д., Глухова Т.М. Полный вероятностный расчет надежности конструктивного железобетонного элемента // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. 2017. № 16. С. 67-76.

190. Краснощеков Ю.В. Вероятностный расчет строительных конструкций с учетом асимметрии распределения случайных величин и функций // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17. № 5 (75). С. 636-650.

191. Добромислов А.Н. Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам. Справочное пособие. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006 – 67 с.

192. Ибрагимов А.М., Семенов А.С. Зависимость между физическим износом и техническим состоянием элементов зданий жилищного фонда // Жилищное строительство.; 2014. № 7. – 53 с.

193. Colin MacKenzie Timber service life design. Design guide for durability. Technical Design Guide issued by Forest and Wood Products Australia, 2012.

194. A G Tamrazyan et al 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1687 12008 DOI: 10.1088/1742-6596/1687/1/012008.

195. O V Kuripta et al 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1079 22007 DOI: 10.1088/1757-899X/1079/2/022007.

196. L Petrenko and S Manjilevskaja 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 262 12077 DOI: 10.1088/1757-899X/262/1/012077.

197. Журков С.П., Томашевский Э.Е. Временная зависимость прочности при различных режимах нагружения. - В кн.: Некоторые проблемы прочности твердого тела. - Л.: ЛГУ, 1959.

198. Найчук, А.Я. Учет изменения деформативных свойств древесины во времени при проектировании деревянных конструкций / А. Я. Найчук // Вестник Брестского государственного технического университета. – 2021. – № 1 (124). – С. 24–28.

199. Орлович Р.Б., Найчук А.Я. О применении критериев длительной прочности в расчетах деревянных конструкций //Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1986. – №. 5-С. – С. 15-19.

200. ГОСТ Р 53228-2008 «Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания» Введен 2010-01-01. М.: Стандартиформ, 2010.

201. ГОСТ 9621-72 Древесина слоистая клееная. Методы определения физических свойств. Введен 1973-07-01. ИПК, 1973.

202. ГОСТ 9620-72 Древесина слоистая клееная. Отбор образцов и общие требования при испытании. Введен 1973-07-01. ИПК, 1973.

203. Корольков Д.И., Черных А.Г., Савин С.Н., Коваль П.С., Пухаренко Ю.В., Данилов Е.В. Влияние угла наклона волокон на прочность и срок службы LVL-конструкции // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 5.

204. Корольков Д.И. Определение сроков службы и остаточного ресурса LVL-конструкций при растяжении // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15. № 4.

205. ГОСТ 57790-2017 Конструкции деревянные несущие. Методы испытаний на прочность и деформативность. Введен 2010-01-01. М.: Стандартиформ, 2019.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Результаты испытаний образцов при стандартной скорости нагружения

Таблица А.1 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 30 мм и углом наклона волокон 60°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	30,51	50,42	1,37	60°	0,89
2	30,87	49,98	1,62		1,05
3	30,46	50,49	1,94		1,26
4	30,57	49,88	2,14		1,40
5	31,02	50,12	2,11		1,36
6	30,67	50,23	2,12		1,38
7	30,36	50,34	2,13		1,39
8	30,24	50,39	2,02		1,33
9	30,12	49,93	1,89		1,26
10	30,35	50,01	1,8		1,19

Таблица А.2 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 39 мм и углом наклона волокон 60°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	39,12	50,33	2,91	60°	1,48
2	39,49	50,41	2,62		1,32
3	39,87	50,56	3,02		1,50
4	39,02	49,89	2,51		1,29
5	39,27	50,34	3,03		1,53
6	39,45	49,99	2,66		1,35
7	39,58	50,12	3,22		1,62
8	39,67	50,35	2,52		1,26
9	39,49	50,47	2,93		1,47
10	39,18	50,04	3,03		1,55

Таблица А.3 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 45 мм и углом наклона волокон 60°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	45,12	49,87	3,53	60°	1,57
2	45,67	50,56	3,36		1,46
3	45,02	50,2	3,14		1,39
4	45,69	50,11	3,79		1,66
5	45,37	50,85	3,89		1,69
6	45,56	50,12	3,14		1,38
7	45,87	51,01	3,44		1,47
8	45,09	50,45	3,55		1,56
9	45,16	50,51	3,71		1,63
10	45,24	50,37	3,36		1,47

Таблица А.4 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 51 мм и углом наклона волокон 60°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	51,01	50,25	4,16	60°	1,63
2	50,97	50,16	4,05		1,59
3	51,14	50,26	3,82		1,50
4	51,09	50,03	3,92		1,54
5	51,24	49,87	4,04		1,58
6	51,30	49,96	3,84		1,51
7	51,19	50,04	4,16		1,63
8	50,89	50,12	4,51		1,77
9	51,11	50,02	4,00		1,57
10	51,05	49,99	4,11		1,61

Таблица А.5 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 30 мм и углом наклона волокон 45°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	30,11	49,89	3,43	45°	2,28
2	30,14	50,02	3,28		2,18
3	30,23	50,18	3,41		2,25
4	30,37	50,05	3,36		2,21
5	30,88	49,87	3,30		2,14
6	29,75	50,26	3,52		2,35
7	29,98	50,28	3,31		2,20
8	31,00	49,84	3,47		2,25
9	30,08	50,06	3,59		2,38
10	30,76	49,90	3,50		2,28

Таблица А.6 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 39 мм и углом наклона волокон 45°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	39,16	50,04	4,5	45°	2,30
2	39,05	50,23	4,64		2,37
3	38,89	50,35	4,58		2,34
4	39,12	50,06	4,79		2,45
5	39,07	49,76	4,57		2,35
6	38,99	50,00	4,43		2,27
7	38,81	49,86	4,48		2,32
8	39,15	49,91	4,48		2,29
9	39,09	50,08	4,51		2,30
10	39,01	50,14	4,63		2,37

Таблица А.7 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 45 мм и углом наклона волокон 45°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	45,23	50,20	5,58	45°	2,46
2	45,06	50,17	5,65		2,50
3	45,23	49,77	5,27		2,34
4	44,93	50,19	5,37		2,38
5	45,15	49,98	5,71		2,53
6	44,89	49,78	5,22		2,34
7	44,96	50,35	5,39		2,38
8	44,81	50,66	5,76		2,54
9	45,04	50,28	5,64		2,49
10	45,41	50,46	5,53		2,41

Таблица А.8 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 51 мм и углом наклона волокон 45°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	51,67	50,17	6,15	45°	2,37
2	51,38	49,86	6,6		2,58
3	51,56	49,90	6,57		2,55
4	51,19	49,93	6,59		2,58
5	51,41	50,34	6,33		2,45
6	50,95	50,25	6,27		2,45
7	51,04	50,38	6,53		2,54
8	51,20	50,15	6,76		2,63
9	50,87	50,29	6,35		2,48
10	50,91	50,05	6,19		2,43

Таблица А.9 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 30 мм и углом наклона волокон 30°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	30,37	50,38	6,01	30°	3,93
2	30,23	50,44	5,9		3,87
3	29,93	50,59	6,14		4,06
4	30,33	49,81	5,91		3,91
5	30,64	50,66	6,14		3,96
6	30,47	49,7	6,21		4,10
7	29,89	49,65	5,79		3,90
8	30,15	49,8	6,11		4,07
9	29,67	49,54	6,36		4,33
10	30,26	49,99	6,21		4,11

Таблица А.10 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 39 мм и углом наклона волокон 30°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	39,33	49,80	8,48	30°	4,33
2	39,37	49,72	8,39		4,29
3	39,51	50,10	8,41		4,25
4	39,56	49,56	8,56		4,37
5	40,20	49,97	8,45		4,21
6	39,93	50,16	8,31		4,15
7	40,19	50,52	8,44		4,16
8	39,25	50,27	8,54		4,33
9	40,28	50,23	8,46		4,18
10	39,07	50,41	8,89		4,51

Таблица А.11 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 45 мм и углом наклона волокон 30°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	45,33	49,8	10,11	30°	4,48
2	45,37	49,72	10,09		4,47
3	45,51	50,1	9,74		4,27
4	45,56	49,56	9,78		4,33
5	45,20	49,97	9,37		4,15
6	44,93	50,16	10,18		4,52
7	45,19	50,52	9,80		4,29
8	44,90	50,03	10,08		4,49
9	44,61	49,87	10,14		4,56
10	44,60	49,75	9,72		4,38

Таблица А.12 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 51 мм и углом наклона волокон 30°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	49,91	49,66	10,55	30°	4,26
2	50,30	50,42	10,71		4,22
3	49,97	50,55	11,21		4,44
4	50,23	49,81	12,36		4,94
5	50,10	50,26	11,54		4,58
6	50,13	50,01	11,55		4,61
7	50,25	49,79	11,8		4,72
8	50,31	49,74	10,99		4,39
9	50,34	49,96	10,88		4,33
10	50,18	49,78	11,57		4,63

Таблица А.13 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 30 мм и углом наклона волокон 0^0

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	29,88	49,82	47,19	0^0	31,70
2	30,29	50,69	50,58		32,94
3	30,26	50,27	44,26		29,10
4	30,46	49,76	48,7		32,13
5	29,98	50,32	54,78		36,31
6	30,32	50,50	53,55		34,97
7	30,48	50,40	50,58		32,93
8	30,62	50,61	51,26		33,08
9	29,80	49,84	48,7		32,79
10	30,09	49,96	54,78		36,44

Таблица А.14 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 39 мм и углом наклона волокон 0^0

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	38,79	50,05	65,33	0^0	33,65
2	39,19	50,18	68,69		34,93
3	38,98	49,94	69,69		35,80
4	39,24	49,54	59,18		30,44
5	38,65	50,49	68,76		35,24
6	39,25	49,74	63,84		32,70
7	38,83	49,80	66,18		34,22
8	39,04	50,24	67,56		34,45
9	38,71	49,79	64,89		33,67
10	38,81	49,82	67,92		35,13

Таблица А.15 - Значения предела кратковременной прочности LVL при растяжении при скорости нагружения 4 мм/мин, толщиной 45 мм и углом наклона волокон 0°

Маркировка образца	Размеры поперечного сечения, мм		Максимальная нагрузка $P_{\max}$, кН	Угол наклона волокон, град.	Предел прочности, МПа
	h	b			
1	44,77	50,29	78,08	0°	34,68
2	45,51	50,39	77,16		33,65
3	45,25	49,79	85,01		37,73
4	45,29	49,84	83,34		36,92
5	45,23	50,36	80,17		35,20
6	44,66	49,76	80,4		36,18
7	44,75	50,62	82,36		36,36
8	45,47	49,93	83,45		36,76
9	44,78	50,69	79,78		35,15
10	44,87	49,86	80,6		36,03

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Сводный протокол машинных испытаний балок LVL
длиной 6 м

Таблица Б.1 – Данные «Нагрузка-перемещение»

Образец № 1		Образец № 2		Образец № 3	
Нагрузка, кН	Перемещение, мм	Нагрузка, кН	Перемещение, мм	Нагрузка, кН	Перемещение, мм
1,923	0	2,158	0	2,046	0
1,906	0,002	2,169	0,001	2,043	0,005
1,991	0,007	2,174	0,001	2,032	0,006
1,979	0,009	2,113	0,001	2,022	0,006
1,941	0,009	2,101	0	1,959	0,006
1,943	0,009	2,126	0,001	1,963	0,005
1,976	0,009	2,107	0,004	1,977	0,005
1,919	0,007	2,111	0,008	1,984	0,001
1,988	0,014	2,059	0,011	1,969	0,009
1,936	0,01	2,083	0,011	1,959	0,008
1,893	0,008	2,067	0,011	2	0,008
1,89	0,008	2,086	0,011	2,043	0,008
1,878	0,008	2,08	0,011	2	0,008
1,921	0,008	2,112	0,011	1,994	0,008
1,947	0,009	2,126	0,008	2,006	0,008
1,935	0,009	2,186	0,004	2,052	0,009
1,903	0,013	2,175	0,002	2,061	0,012
1,929	0,017	2,123	0,002	2,082	0,016
1,851	0,019	2,202	0,002	2,066	0,017
1,901	0,019	2,113	0,002	2,05	0,017
1,886	0,019	2,135	0,002	2,09	0,017
1,931	0,031	2,062	0,003	1,975	0,017
1,973	0,051	2,104	0,004	2,01	0,017
1,985	0,072	2,105	0,006	1,964	0,025
2,015	0,09	2,217	0,033	2,001	0,049
1,971	0,104	2,211	0,058	2,089	0,073
1,985	0,117	2,256	0,076	2,02	0,09
2,075	0,13	2,244	0,091	2,056	0,105
1,986	0,143	2,279	0,105	2,089	0,119
2,058	0,157	2,221	0,117	2,071	0,132
2,041	0,172	2,197	0,129	2,113	0,145
1,963	0,187	2,263	0,141	2,112	0,158
2,09	0,202	2,238	0,156	2,14	0,172
2,056	0,216	2,218	0,171	2,12	0,186
2,031	0,229	2,246	0,187	2,151	0,201
2,047	0,241	2,247	0,201	2,1	0,216
2,062	0,253	2,283	0,214	2,11	0,23
2,047	0,267	2,239	0,226	2,183	0,244
2,083	0,283	2,228	0,239	2,15	0,256

2,079	0,298	2,281	0,252	2,101	0,269
2,08	0,314	2,268	0,267	2,149	0,282
2,081	0,327	2,287	0,282	2,125	0,296
2,142	0,34	2,286	0,298	2,119	0,311
2,155	0,352	2,334	0,312	2,157	0,327
2,105	0,365	2,283	0,325	2,173	0,342
2,119	0,379	2,296	0,337	2,154	0,355
2,205	0,394	2,271	0,35	2,176	0,368
2,175	0,409	2,294	0,363	2,176	0,381
2,149	0,424	2,279	0,378	2,175	0,393
2,213	0,438	2,357	0,394	2,192	0,407
2,125	0,451	2,334	0,409	2,227	0,422
2,139	0,463	2,339	0,423	2,201	0,437
2,135	0,476	2,423	0,436	2,237	0,452
2,146	0,489	2,341	0,448	2,255	0,466
2,146	0,505	2,37	0,461	2,242	0,479
2,172	0,52	2,388	0,474	2,216	0,492
2,184	0,535	2,355	0,489	2,258	0,505
2,218	0,549	2,455	0,505	2,202	0,518
2,211	0,562	2,452	0,52	2,194	0,533
2,218	0,574	2,466	0,534	2,239	0,548
2,213	0,587	2,463	0,547	2,237	0,563
2,177	0,6	2,444	0,559	2,288	0,578
2,171	0,616	2,43	0,572	2,253	0,591
2,189	0,631	2,459	0,585	2,252	0,604
2,268	0,647	2,434	0,6	2,268	0,616
2,22	0,66	2,462	0,616	2,22	0,629
2,221	0,673	2,411	0,631	2,303	0,643
2,18	0,686	2,43	0,645	2,313	0,658
2,235	0,698	2,515	0,658	2,351	0,674
2,212	0,712	2,491	0,671	2,335	0,688
2,198	0,726	2,448	0,683	2,373	0,702
2,206	0,742	2,46	0,696	2,392	0,715
2,273	0,757	2,535	0,711	2,358	0,728
2,273	0,772	2,534	0,726	2,318	0,741
2,296	0,785	2,479	0,742	2,375	0,754
2,308	0,797	2,503	0,756	2,385	0,769
2,364	0,81	2,491	0,77	2,362	0,784
2,267	0,823	2,541	0,782	2,365	0,799
2,299	0,837	2,57	0,795	2,34	0,814
2,258	0,852	2,519	0,808	2,37	0,827
2,312	0,868	2,523	0,821	2,363	0,84
2,303	0,883	2,536	0,837	2,369	0,852
2,363	0,896	2,563	0,852	2,295	0,865
2,334	0,909	2,594	0,867	2,46	0,879
2,335	0,921	2,561	0,881	2,412	0,894

2,372	0,934	2,596	0,894	2,459	0,91
2,349	0,948	2,615	0,907	2,432	0,924
2,373	0,963	2,534	0,919	2,416	0,938
2,38	0,979	2,526	0,932	2,427	0,951
2,39	0,994	2,578	0,947	2,425	0,964
2,404	1,008	2,605	0,963	2,399	0,977
2,364	1,021	2,628	0,978	2,405	0,99
2,349	1,033	2,645	0,993	2,41	1,005
2,345	1,046	2,674	1,005	2,439	1,02
2,401	1,059	2,616	1,018	2,447	1,035
2,333	1,073	2,607	1,031	2,452	1,05
2,4	1,089	2,583	1,044	2,444	1,063
2,416	1,104	2,609	1,058	2,446	1,076
2,411	1,119	2,694	1,073	2,481	1,089
2,386	1,132	2,656	1,089	2,478	1,102
2,411	1,145	2,708	1,104	2,491	1,115
2,393	1,157	2,69	1,117	2,412	1,13
2,365	1,17	2,678	1,13	2,448	1,145
2,401	1,184	2,704	1,142	2,411	1,16
2,389	1,199	2,76	1,155	2,465	1,175
2,36	1,214	2,727	1,168	2,503	1,188
2,451	1,23	2,757	1,183	2,48	1,201
2,321	1,244	2,739	1,199	2,447	1,214
2,459	1,257	2,757	1,215	2,436	1,227
2,376	1,269	2,79	1,229	2,473	1,24
2,412	1,282	2,823	1,241	2,535	1,255
2,423	1,295	2,768	1,254	2,519	1,27
2,454	1,309	2,761	1,267	2,578	1,285
2,409	1,325	2,792	1,28	2,532	1,3
2,458	1,34	2,784	1,294	2,573	1,313
2,482	1,355	2,826	1,31	2,531	1,325
2,395	1,368	2,828	1,325	2,535	1,338
2,363	1,381	2,751	1,34	2,58	1,351
2,441	1,394	2,812	1,353	2,586	1,365
2,432	1,406	2,779	1,366	2,597	1,381
2,488	1,42	2,79	1,378	2,626	1,396
2,433	1,434	2,784	1,391	2,63	1,411
2,486	1,45	2,79	1,405	2,664	1,425
2,479	1,466	2,74	1,42	2,64	1,438
2,545	1,48	2,756	1,436	2,625	1,45
2,524	1,493	2,749	1,451	2,585	1,463
2,572	1,506	2,803	1,464	2,621	1,476
2,578	1,518	2,791	1,477	2,63	1,49
2,586	1,531	2,825	1,49	2,61	1,505
2,576	1,545	2,81	1,503	2,617	1,521
2,682	1,56	2,814	1,516	2,657	1,536

2,617	1,576	2,883	1,53	2,601	1,55
2,63	1,591	2,827	1,546	2,618	1,562
2,588	1,605	2,862	1,561	2,636	1,575
2,599	1,617	2,867	1,576	2,638	1,588
2,557	1,63	2,792	1,589	2,643	1,601
2,59	1,642	2,851	1,601	2,629	1,615
2,615	1,656	2,835	1,614	2,634	1,631
2,606	1,671	2,863	1,627	2,627	1,646
2,598	1,686	2,857	1,641	2,639	1,661
2,59	1,702	2,867	1,656	2,652	1,675
2,639	1,716	2,887	1,672	2,67	1,687
2,554	1,729	2,795	1,687	2,697	1,7
2,64	1,741	2,878	1,7	2,701	1,713
2,616	1,754	2,864	1,713	2,701	1,726
2,567	1,767	2,921	1,726	2,629	1,74
2,652	1,781	2,92	1,738	2,725	1,756
2,587	1,797	2,952	1,752	2,667	1,771
2,608	1,812	2,997	1,767	2,68	1,786
2,578	1,827	3,017	1,782	2,713	1,799
2,607	1,841	2,943	1,798	2,715	1,812
2,617	1,853	3,071	1,812	2,697	1,825
2,625	1,866	2,962	1,825	2,684	1,838
2,594	1,878	2,998	1,837	2,697	1,851
2,616	1,892	2,914	1,85	2,707	1,866
2,561	1,907	2,906	1,863	2,645	1,881
2,639	1,922	2,994	1,877	2,681	1,896
2,651	1,938	2,975	1,892	2,713	1,911
2,633	1,952	3,036	1,908	2,732	1,924
2,625	1,965	3,02	1,923	2,768	1,937
2,656	1,978	2,968	1,936	2,715	1,95
2,573	1,99	2,948	1,949	2,702	1,962
2,584	2,003	3,067	1,962	2,684	1,976
2,627	2,017	2,969	1,974	2,765	1,991
2,677	2,033	3,006	1,988	2,731	2,006
2,661	2,048	3,032	2,003	2,71	2,021
2,66	2,063	3,078	2,018	2,749	2,036
2,684	2,077	3,088	2,034	2,763	2,049
2,646	2,089	3,17	2,048	2,72	2,062
2,631	2,102	3,072	2,061	2,783	2,075
2,603	2,114	3,052	2,073	2,834	2,088
2,639	2,128	3,034	2,086	2,747	2,101
2,664	2,143	3,042	2,099	2,701	2,116
2,679	2,159	3,085	2,113	2,746	2,131
2,712	2,174	3,063	2,129	2,786	2,146
2,705	2,188	3,028	2,144	2,82	2,161
2,673	2,201	3,073	2,159	2,817	2,174

2,733	2,214	3,101	2,173	2,805	2,187
2,708	2,226	3,109	2,185	2,84	2,199
2,694	2,239	3,011	2,198	2,812	2,212
2,698	2,253	2,999	2,21	2,84	2,226
2,698	2,269	3,034	2,224	2,813	2,241
2,704	2,284	3,065	2,239	2,799	2,256
2,821	2,299	3,088	2,254	2,816	2,272
2,731	2,313	3,046	2,27	2,815	2,286
2,717	2,325	3,082	2,284	2,824	2,299
2,746	2,338	3,059	2,297	2,84	2,312
2,764	2,351	3,093	2,309	2,855	2,324
2,695	2,364	3,064	2,322	2,852	2,337
2,735	2,379	3,051	2,335	2,899	2,351
2,801	2,394	3,056	2,349	2,888	2,366
2,774	2,41	3,064	2,365	2,915	2,381
2,793	2,424	3,108	2,38	2,95	2,397
2,793	2,437	3,127	2,395	2,916	2,411
2,812	2,45	3,134	2,409	2,951	2,424
2,811	2,462	3,138	2,421	2,937	2,437
2,79	2,475	3,146	2,434	2,917	2,449
2,83	2,489	3,135	2,447	2,928	2,462
2,846	2,505	3,138	2,46	2,907	2,476
2,817	2,52	3,076	2,475	2,938	2,491
2,92	2,535	3,142	2,49	2,877	2,506
2,963	2,549	3,17	2,506	2,886	2,522
3,033	2,562	3,186	2,52	2,909	2,536
2,938	2,574	3,238	2,533	2,887	2,549
2,885	2,587	3,231	2,546	2,904	2,562
2,875	2,6	3,204	2,558	2,896	2,574
2,843	2,615	3,147	2,571	2,893	2,587
2,921	2,63	3,248	2,585	2,919	2,601
2,901	2,646	3,194	2,601	2,951	2,616
2,943	2,66	3,214	2,616	2,921	2,631
2,912	2,673	3,274	2,631	2,926	2,647
2,89	2,686	3,226	2,645	2,965	2,661
2,889	2,698	3,247	2,657	2,91	2,674
2,896	2,711	3,289	2,67	2,923	2,686
2,909	2,725	3,254	2,683	2,983	2,699
2,815	2,741	3,29	2,696	2,972	2,712
2,857	2,757	3,233	2,711	2,942	2,726
2,917	2,771	3,287	2,726	2,983	2,741
2,924	2,785	3,308	2,742	3,043	2,757
2,957	2,798	3,243	2,756	2,989	2,772
2,873	2,81	3,291	2,769	3,044	2,785
2,855	2,823	3,281	2,782	3,034	2,799
2,867	2,836	3,238	2,794	3,086	2,811

2,919	2,851	3,223	2,807	3,047	2,824
2,911	2,867	3,241	2,821	3,069	2,837
3,031	2,882	3,26	2,836	3,036	2,851
2,956	2,896	3,273	2,852	3,078	2,866
2,992	2,909	3,27	2,867	3,007	2,882
2,976	2,922	3,31	2,881	3,056	2,897
2,962	2,934	3,34	2,894	3,038	2,91
2,878	2,947	3,262	2,907	3,017	2,923
2,937	2,961	3,231	2,919	3,071	2,936
2,916	2,977	3,238	2,932	3,098	2,949
2,981	2,993	3,243	2,946	3,025	2,962
3,003	3,008	3,321	2,962	3,027	2,976
3,014	3,021	3,277	2,978	3,027	2,991
2,969	3,034	3,297	2,992	3,009	3,007
2,962	3,046	3,349	3,006	3,013	3,022
2,916	3,059	3,368	3,018	3,1	3,035
3,014	3,072	3,345	3,031	3,076	3,048
2,927	3,087	3,41	3,044	3,113	3,061
2,986	3,103	3,318	3,057	3,134	3,074
2,98	3,118	3,336	3,072	3,118	3,087
2,931	3,132	3,365	3,087	3,146	3,101
2,964	3,145	3,346	3,103	3,118	3,116
2,965	3,158	3,392	3,117	3,137	3,132
2,927	3,17	3,375	3,13	3,076	3,147
2,996	3,183	3,437	3,143	3,174	3,16
2,949	3,197	3,367	3,155	3,155	3,173
2,955	3,213	3,34	3,168	3,112	3,186
2,954	3,228	3,357	3,182	3,126	3,199
3,032	3,243	3,342	3,198	3,135	3,212
3,003	3,257	3,416	3,213	3,143	3,226
2,988	3,27	3,361	3,228	3,083	3,241
2,972	3,282	3,391	3,242	3,142	3,257
2,978	3,295	3,444	3,255	3,172	3,272
2,915	3,308	3,429	3,268	3,141	3,285
2,977	3,323	3,357	3,28	3,117	3,298
2,97	3,339	3,38	3,293	3,124	3,311
3,009	3,354	3,39	3,308	3,118	3,324
3,045	3,369	3,39	3,323	3,173	3,337
3,017	3,382	3,388	3,339	3,177	3,351
3,023	3,394	3,419	3,353	3,183	3,366
3,02	3,407	3,383	3,367	3,235	3,382
3,063	3,419	3,485	3,379	3,219	3,397
2,977	3,433	3,441	3,392	3,294	3,41
3,059	3,449	3,325	3,405	3,268	3,423
3,036	3,464	3,397	3,418	3,199	3,436
3,032	3,48	3,408	3,433	3,184	3,449

3,083	3,493	3,481	3,448	3,2	3,462
3,089	3,506	3,485	3,464	3,243	3,476
3,079	3,519	3,501	3,478	3,219	3,491
3,075	3,531	3,459	3,491	3,199	3,507
3,133	3,544	3,551	3,504	3,238	3,521
3,126	3,558	3,535	3,517	3,184	3,535
3,12	3,574	3,476	3,53	3,271	3,548
3,095	3,59	3,505	3,543	3,277	3,561
3,099	3,605	3,452	3,558	3,214	3,574
3,13	3,618	3,5	3,574	3,236	3,587
3,149	3,631	3,527	3,589	3,251	3,601
3,059	3,643	3,501	3,603	3,272	3,616
3,115	3,656	3,485	3,616	3,218	3,631
3,08	3,669	3,535	3,629	3,279	3,647
3,075	3,684	3,537	3,642	3,255	3,66
3,165	3,7	3,502	3,654	3,248	3,673
3,228	3,715	3,51	3,668	3,29	3,686
3,164	3,73	3,484	3,683	3,304	3,699
3,16	3,743	3,505	3,699	3,274	3,712
3,12	3,755	3,481	3,714	3,24	3,726
3,119	3,768	3,536	3,728	3,24	3,741
3,147	3,781	3,569	3,741	3,239	3,756
3,14	3,794	3,624	3,753	3,31	3,771
3,139	3,81	3,576	3,766	3,293	3,785
3,183	3,825	3,59	3,779	3,28	3,798
3,189	3,841	3,661	3,793	3,348	3,811
3,16	3,854	3,6	3,809	3,303	3,824
3,189	3,867	3,649	3,825	3,302	3,837
3,223	3,88	3,608	3,84	3,283	3,851
3,197	3,892	3,561	3,853	3,337	3,866
3,17	3,905	3,6	3,866	3,337	3,881
3,179	3,919	3,547	3,878	3,34	3,897
3,204	3,935	3,535	3,891	3,395	3,911
3,253	3,951	3,514	3,904	3,329	3,924
3,217	3,966	3,545	3,919	3,354	3,936
3,201	3,979	3,552	3,934	3,359	3,949
3,258	3,992	3,582	3,95	3,361	3,962
3,239	4,004	3,608	3,964	3,34	3,976
3,203	4,017	3,541	3,978	3,334	3,991
3,24	4,03	3,602	3,99	3,325	4,006
3,238	4,045	3,607	4,003	3,348	4,021
3,286	4,061	3,595	4,016	3,392	4,035
3,292	4,076	3,6	4,029	3,382	4,048
3,266	4,091	3,635	4,044	3,365	4,061
3,261	4,104	3,601	4,06	3,41	4,074
3,284	4,116	3,677	4,075	3,435	4,087

3,258	4,129	3,679	4,089	3,407	4,101
3,267	4,142	3,718	4,102	3,386	4,116
3,23	4,155	3,687	4,115	3,425	4,131
3,284	4,17	3,77	4,127	3,459	4,146
3,299	4,186	3,713	4,14	3,456	4,16
3,257	4,201	3,716	4,154	3,445	4,173
3,266	4,215	3,722	4,17	3,405	4,186
3,205	4,228	3,721	4,185	3,366	4,199
3,227	4,241	3,725	4,201	3,408	4,212
3,229	4,253	3,737	4,214	3,451	4,226
3,271	4,266	3,784	4,227	3,401	4,241
3,256	4,28	3,76	4,239	3,407	4,256
3,317	4,296	3,747	4,252	3,401	4,271
3,33	4,311	3,696	4,265	3,411	4,285
3,306	4,327	3,704	4,28	3,421	4,298
3,325	4,34	3,683	4,296	3,451	4,311
3,328	4,353	3,715	4,311	3,382	4,324
3,273	4,365	3,695	4,325	3,449	4,337
3,325	4,378	3,691	4,338	3,431	4,351
3,336	4,391	3,694	4,351	3,349	4,366
3,335	4,406	3,68	4,364	3,38	4,381
3,344	4,422	3,755	4,377	3,475	4,396
3,369	4,437	3,761	4,39	3,42	4,41
3,403	4,452	3,735	4,405	3,49	4,423
3,407	4,465	3,697	4,421	3,459	4,436
3,352	4,477	3,751	4,436	3,504	4,449
3,37	4,49	3,763	4,45	3,526	4,461
3,359	4,503	3,745	4,463	3,486	4,476
3,339	4,516	3,775	4,476	3,48	4,491
3,418	4,531	3,719	4,489	3,539	4,506
3,389	4,547	3,733	4,502	3,502	4,521
3,44	4,563	3,742	4,516	3,509	4,535
3,405	4,577	3,748	4,531	3,51	4,548
3,393	4,59	3,763	4,547	3,507	4,561
3,443	4,602	3,83	4,562	3,446	4,574
3,504	4,614	3,817	4,575	3,493	4,587
3,423	4,627	3,84	4,588	3,438	4,601
3,474	4,641	3,807	4,6	3,441	4,616
3,509	4,657	3,809	4,613	3,544	4,631
3,517	4,673	3,7	4,626	3,521	4,646
3,498	4,688	3,727	4,641	3,62	4,66
3,494	4,701	3,794	4,657	3,582	4,673
3,44	4,714	3,762	4,672	3,567	4,686
3,426	4,726	3,789	4,687	3,523	4,699
3,433	4,739	3,859	4,7	3,687	4,712
3,449	4,752	3,813	4,712	3,636	4,726

3,384	4,767	3,92	4,725	3,588	4,741
3,452	4,783	3,828	4,737	3,64	4,756
3,485	4,798	3,764	4,751	3,556	4,771
3,512	4,813	3,85	4,766	3,614	4,785
3,508	4,826	3,853	4,782	3,593	4,798
3,472	4,838	3,885	4,797	3,656	4,811
3,433	4,851	3,904	4,812	3,57	4,824
3,462	4,864	3,863	4,825	3,567	4,837
3,433	4,877	3,827	4,837	3,552	4,85
3,524	4,892	3,885	4,85	3,559	4,866
3,491	4,908	3,919	4,863	3,56	4,881
3,542	4,924	3,897	4,877	3,585	4,896
3,511	4,938	3,892	4,892	3,606	4,91
3,528	4,95	3,919	4,907	3,563	4,923
3,474	4,963	3,859	4,923	3,559	4,936
3,469	4,975	3,88	4,936	3,574	4,949
3,483	4,988	3,923	4,949	3,588	4,962
3,533	5,003	3,94	4,962	3,551	4,975
3,594	5,018	3,974	4,974	3,589	4,99
3,529	5,034	3,896	4,987	3,552	5,006
3,555	5,049	3,968	5,001	3,589	5,021
3,55	5,062	3,954	5,017	3,581	5,036
3,55	5,075	3,929	5,033	3,536	5,049
3,515	5,088	3,915	5,048	3,526	5,061
3,517	5,1	3,974	5,061	3,568	5,074
3,581	5,113	3,96	5,074	3,566	5,086
3,528	5,128	4,002	5,086	3,571	5,1
3,563	5,143	3,927	5,099	3,56	5,115
3,57	5,159	3,96	5,112	3,57	5,131
3,597	5,174	3,923	5,127	3,576	5,146
3,591	5,187	3,965	5,143	3,627	5,161
3,526	5,2	3,97	5,158	3,521	5,174
3,541	5,212	4,003	5,173	3,495	5,186
3,526	5,225	3,993	5,186	3,492	5,199
3,569	5,238	3,98	5,198	3,54	5,211
3,529	5,253	4	5,21	3,556	5,225
3,556	5,269	3,962	5,214	3,639	5,24
3,528	5,284	3,935	5,215	3,66	5,256
3,543	5,299	3,938	5,214	3,644	5,271
3,57	5,312	3,945	5,214	3,674	5,285
3,552	5,324	3,911	5,212	3,692	5,298
3,558	5,337	3,87	5,204	3,733	5,311
3,583	5,35	3,783	5,199	3,772	5,324
3,615	5,363	3,821	5,198	3,724	5,337
3,648	5,378	3,827	5,198	3,723	5,351
3,654	5,394	3,849	5,198	3,707	5,366

3,632	5,41	3,902	5,198	3,649	5,381
3,67	5,424	3,874	5,198	3,635	5,396
3,627	5,437	3,897	5,201	3,632	5,41
3,648	5,449	3,937	5,206	3,641	5,423
3,638	5,462	3,984	5,209	3,721	5,436
3,599	5,474	3,957	5,209	3,722	5,448
3,549	5,488	3,915	5,209	3,676	5,461
3,678	5,504	3,917	5,208	3,69	5,475
3,599	5,519	3,951	5,208	3,678	5,49
3,684	5,535	3,887	5,205	3,709	5,506
3,632	5,549	3,866	5,201	3,743	5,521
3,647	5,561	3,87	5,199	3,748	5,535
3,699	5,574	3,84	5,198	3,787	5,548
3,701	5,586	3,913	5,198	3,76	5,561
3,744	5,599	3,845	5,199	3,749	5,574
3,669	5,613	3,9	5,199	3,79	5,587
3,742	5,629	3,916	5,199	3,827	5,601
3,751	5,645	3,927	5,202	3,783	5,615
3,787	5,66	3,941	5,207	3,804	5,631
3,743	5,673	3,945	5,208	3,844	5,646
3,721	5,686	3,942	5,208	3,879	5,66
3,708	5,699	3,921	5,208	3,826	5,673
3,703	5,711	3,891	5,208	3,833	5,686
3,674	5,724	3,869	5,208	3,847	5,699
3,667	5,739	3,83	5,205	3,812	5,712
3,676	5,754	3,76	5,201	3,805	5,725
3,729	5,77	3,824	5,199	3,774	5,74
3,734	5,785	3,832	5,199	3,835	5,755
3,73	5,798	3,828	5,199	3,855	5,771
3,72	5,811	3,876	5,199	3,835	5,785
3,761	5,823	3,886	5,199	3,879	5,799
3,709	5,836	3,915	5,199	3,878	5,811
3,704	5,849	3,948	5,201	3,873	5,824
3,747	5,864	3,958	5,205	3,819	5,837
3,745	5,88	3,976	5,208	3,8	5,85
3,698	5,895	4,007	5,208	3,852	5,865
3,713	5,91	3,977	5,208	3,844	5,88
3,737	5,923	3,935	5,208	3,868	5,896
3,769	5,935	3,848	5,208	3,886	5,91
3,734	5,948	3,864	5,206	3,836	5,924
3,732	5,961	3,855	5,202	3,849	5,936
3,756	5,974	3,837	5,199	3,949	5,949
3,808	5,989	3,859	5,199	3,886	5,962
3,739	6,005	3,918	5,199	3,908	5,975
3,802	6,02	3,868	5,199	3,855	5,99
3,811	6,034	3,925	5,199	3,871	6,005

3,772	6,047	3,903	5,199	3,883	6,02
3,725	6,06	3,888	5,2	3,909	6,035
3,837	6,073	3,886	5,203	3,935	6,049
3,798	6,085	3,948	5,207	3,938	6,062
3,81	6,099	3,947	5,208	3,904	6,074
3,841	6,115	3,941	5,208	3,906	6,087
3,831	6,13	3,925	5,208	3,884	6,1
3,859	6,146	3,944	5,208	3,884	6,114
3,815	6,16	3,9	5,207	3,944	6,13
3,848	6,172	3,898	5,204	3,893	6,145
3,827	6,185	3,82	5,201	3,977	6,16
3,802	6,197	3,843	5,199	3,978	6,174
3,826	6,21	3,842	5,199	3,974	6,187
3,831	6,224	3,861	5,199	4,012	6,199
3,813	6,24	3,896	5,199	3,954	6,212
3,857	6,256	3,907	5,199	3,988	6,225
3,865	6,271	3,901	5,199	4,018	6,239
3,814	6,285	3,885	5,201	4,004	6,255
3,838	6,297	3,894	5,205	4,07	6,27
3,793	6,31	3,904	5,208	4,045	6,285
3,792	6,322	3,936	5,208	3,994	6,299
3,793	6,335	3,902	5,208	3,998	6,312
3,793	6,349	3,885	5,208	3,919	6,324
3,83	6,365	3,904	5,208	3,977	6,337
3,87	6,381	3,915	5,206	3,965	6,349
3,937	6,396	3,929	5,202	4,007	6,353
3,96	6,41	3,912	5,2	3,979	6,353
3,946	6,422	3,903	5,199	3,917	6,352
3,919	6,435	3,878	5,199	3,899	6,351
3,905	6,447	3,88	5,199	3,892	6,345
3,9	6,46	3,893	5,199	3,847	6,337
3,909	6,474	3,917	5,199	3,861	6,336
3,876	6,49	3,933	5,2	3,922	6,335
3,929	6,506	3,949	5,202	3,875	6,335
3,909	6,521	3,985	5,207	3,904	6,335
3,989	6,535	4,014	5,208	3,924	6,336
3,969	6,547	4,022	5,208	3,912	6,336
3,928	6,56	3,945	5,208	3,924	6,338
3,921	6,572	3,916	5,208	3,938	6,342
3,907	6,585	3,938	5,207	3,919	6,345
3,997	6,599	3,873	5,205	3,905	6,346
3,97	6,615	3,894	5,201	3,884	6,346
3,933	6,631	3,857	5,2	3,916	6,346
3,878	6,646	3,873	5,199	3,863	6,345
4	6,659	3,851	5,199	3,892	6,343
4,053	6,672	3,882	5,199	3,862	6,339

3,995	6,685	3,928	5,199	3,912	6,336
3,966	6,697	3,858	5,199	3,851	6,336
3,977	6,71	3,934	5,2	3,929	6,336
4,018	6,725	4,007	5,203	3,929	6,336
3,999	6,74	3,981	5,207	3,878	6,336
4	6,756	3,938	5,208	3,757	6,336
4,053	6,771	4,036	5,208	3,9	6,337
4,069	6,784	3,915	5,208	3,894	6,34
4,035	6,797	3,909	5,208	3,977	6,344
4,053	6,805	3,895	5,207	3,911	6,345
4,025	6,806	3,87	5,204	3,923	6,345
4,048	6,806	3,85	5,201	3,924	6,345
3,967	6,806	3,841	5,2	3,912	6,345
3,92	6,805	3,844	5,199	3,901	6,344
3,921	6,8	3,884	5,199	3,933	6,341
3,89	6,793	3,896	5,199	3,89	6,337
3,934	6,79	3,839	5,199	3,925	6,336
3,944	6,789	3,872	5,2	3,92	6,336
3,889	6,789	3,919	5,2	3,924	6,336
3,883	6,789	3,902	5,203	3,853	6,336
3,846	6,79	3,879	5,207	3,849	6,336
3,879	6,79	3,843	5,208	3,921	6,336
3,949	6,793	3,84	5,208	3,892	6,337
3,924	6,798	3,836	5,208	3,864	6,34
3,923	6,8	3,873	5,208	3,889	6,344
3,864	6,8	3,854	5,207	3,852	6,345
3,942	6,8	3,863	5,204	3,937	6,345
3,909	6,8	3,814	5,201	3,91	6,345
3,916	6,799	3,918	5,199	3,905	6,344
3,903	6,796	3,896	5,199	3,845	6,344
3,866	6,792	3,875	5,199	3,85	6,341
3,886	6,79	3,886	5,199	3,862	6,338
3,917	6,79	3,894	5,199	3,792	6,336
3,869	6,79	3,962	5,2	3,837	6,336
3,867	6,79	3,911	5,2	3,853	6,336
3,944	6,79	3,937	5,204	3,8	6,336
3,918	6,791	3,971	5,208	3,85	6,336
3,931	6,794	3,905	5,208	3,865	6,336
3,933	6,799	3,898	5,208	3,873	6,337
3,883	6,8	3,927	5,208	3,941	6,34
3,922	6,8	3,938	5,208	3,976	6,344
3,907	6,8	3,912	5,207	3,92	6,345
3,897	6,799	3,907	5,203	3,924	6,346
3,913	6,798	3,831	5,2	3,847	6,346
3,912	6,795	3,815	5,199	3,966	6,345
3,858	6,791	3,855	5,199	3,859	6,344

3,955	6,79	3,849	5,199	3,863	6,341
3,914	6,79	3,806	5,199	3,855	6,338
3,931	6,79	3,856	5,199	3,83	6,336
3,858	6,79	3,854	5,2	3,822	6,336
3,889	6,79	3,958	5,201	3,825	6,336
3,916	6,791	3,963	5,205	3,824	6,336
3,931	6,796	3,976	5,208	3,853	6,336
3,979	6,799	3,947	5,208	3,891	6,336
3,927	6,8	3,885	5,208	3,883	6,337
3,933	6,8	3,889	5,208	3,911	6,339
3,909	6,8	3,897	5,208	3,95	6,344
3,883	6,799	3,863	5,206	3,871	6,345
3,908	6,798	3,839	5,203	3,949	6,345
3,88	6,794	3,82	5,2	3,899	6,345
3,799	6,791	3,842	5,199	3,918	6,345
3,84	6,79	3,821	5,199	3,963	6,344
3,826	6,79	3,805	5,199	3,834	6,341
3,884	6,79	3,829	5,199	3,849	6,338
3,833	6,79	3,796	5,199	3,813	6,336
3,85	6,79	3,86	5,2	3,781	6,336
3,882	6,792	3,873	5,201	3,818	6,336
3,882	6,797	3,905	5,206	3,827	6,336
3,896	6,8	3,877	5,208	3,803	6,336
3,86	6,8	3,881	5,208	3,815	6,336
3,88	6,8	3,901	5,208	3,882	6,337
3,82	6,8	3,837	5,208	3,868	6,338
3,885	6,799	3,833	5,207	3,951	6,343
3,87	6,797	3,834	5,206	3,913	6,345
3,85	6,793	3,832	5,202	3,932	6,346
3,83	6,79	3,816	5,2	3,872	6,346
3,794	6,79	3,852	5,199	3,915	6,345
3,867	6,79	3,852	5,199	3,861	6,344
3,854	6,79	3,877	5,199	3,814	6,342
3,852	6,79	3,798	5,199	3,875	6,338
3,902	6,79	3,85	5,199	3,825	6,337
3,895	6,793	3,886	5,2	3,858	6,336
3,933	6,798	3,879	5,202	3,892	6,336
3,858	6,8	3,929	5,206	3,89	6,336
3,919	6,8	3,941	5,208	3,958	6,336
3,866	6,8	3,967	5,208	3,982	6,336
3,891	6,799	3,935	5,208	3,997	6,337
3,902	6,799	3,891	5,208	4	6,338
3,848	6,796	3,888	5,207	3,947	6,342
3,887	6,792	3,924	5,205	3,981	6,345
3,871	6,79	3,86	5,201	3,962	6,345
3,871	6,79	3,81	5,2	3,947	6,345

3,824	6,79	3,869	5,199	3,942	6,345
3,827	6,79	3,823	5,199	3,918	6,344
3,828	6,79	3,84	5,199	3,831	6,343
3,908	6,791	3,905	5,199	3,863	6,339
3,906	6,794	3,909	5,199	3,813	6,337
3,894	6,799	3,842	5,2	3,82	6,336
3,954	6,8	3,934	5,203	3,868	6,336
3,929	6,8	3,953	5,207	3,884	6,336
3,872	6,8	3,937	5,208	3,865	6,336
3,907	6,799	3,935	5,208	3,82	6,336
3,867	6,798	3,969	5,208	3,772	6,337
3,838	6,796	3,969	5,208	3,837	6,337
3,909	6,792	3,916	5,207	3,897	6,341
3,85	6,79	3,913	5,204	3,873	6,345
3,874	6,79	3,846	5,201	3,885	6,345
3,88	6,79	3,838	5,2	3,85	6,346
3,836	6,79	3,902	5,199	3,861	6,345
3,914	6,79	3,9	5,199	3,884	6,344
3,881	6,791	3,882	5,199	3,812	6,343
3,873	6,794	3,884	5,199	3,813	6,34
3,901	6,799	3,863	5,199	3,829	6,337
3,86	6,8	3,899	5,2	3,856	6,336
3,936	6,8	3,893	5,203	3,929	6,336
3,92	6,8	3,952	5,207	3,957	6,336
3,917	6,799	3,923	5,208	3,898	6,336
3,868	6,798	3,881	5,208	3,896	6,336
3,895	6,795	3,853	5,208	3,936	6,337
3,825	6,792	3,922	5,208	3,887	6,337
3,813	6,79	3,883	5,207	3,904	6,34
3,823	6,79	3,899	5,204	3,969	6,344
3,804	6,79	3,936	5,201	3,941	6,345
3,867	6,79	3,913	5,199	3,944	6,345
3,862	6,79	3,882	5,199	3,968	6,345
3,838	6,791	3,84	5,199	3,888	6,345
3,902	6,795	3,903	5,199	3,911	6,344
3,841	6,799	3,9	5,199	3,92	6,341
3,855	6,8	3,863	5,2	3,88	6,338
3,852	6,8	3,915	5,2	3,834	6,336
3,872	6,8	3,928	5,204	3,804	6,336
3,853	6,799	3,925	5,208	3,87	6,336
3,867	6,798	3,899	5,208	3,912	6,336
3,815	6,795	3,926	5,208	3,903	6,336
3,853	6,792	3,95	5,208	3,946	6,336
3,763	6,79	3,902	5,208	3,917	6,337
3,843	6,79	3,863	5,207	3,93	6,339
3,845	6,79	3,931	5,203	3,975	6,344

3,838	6,79	3,953	5,2	3,941	6,345
3,847	6,79	3,868	5,199	3,945	6,346
3,819	6,791	3,802	5,199	3,906	6,346
3,812	6,794	3,877	5,199	3,964	6,345
3,845	6,799	3,85	5,199	3,899	6,344
3,926	6,8	3,871	5,199	3,845	6,341
3,884	6,8	3,816	5,2	3,875	6,338
3,835	6,8	3,856	5,201	3,832	6,337
3,832	6,799	3,93	5,205	3,864	6,336
3,858	6,798	3,885	5,208	3,896	6,336
3,782	6,795	3,854	5,208	3,875	6,336
3,82	6,792	3,915	5,208	3,851	6,336
3,801	6,79	3,884	5,208	3,871	6,336
3,835	6,79	3,893	5,208	3,894	6,337
3,828	6,79	3,889	5,206	3,948	6,339
3,842	6,79	3,876	5,203	3,945	6,343
3,838	6,79	3,927	5,2	3,918	6,345
3,783	6,791	3,97	5,199	3,897	6,345
3,89	6,794	3,932	5,199	3,956	6,345
3,916	6,799	3,881	5,199	3,956	6,345
3,939	6,8	3,889	5,199	3,985	6,344
3,869	6,8	3,952	5,199	3,913	6,342
3,884	6,8	3,937	5,2	3,925	6,339
3,922	6,799	3,943	5,201	3,878	6,337
3,902	6,798	3,91	5,206	3,904	6,336
3,882	6,795	3,919	5,208	3,855	6,336
3,797	6,792	3,976	5,208	3,843	6,336
3,881	6,79	3,961	5,208	3,866	6,336
3,79	6,79	3,848	5,208	3,895	6,336
3,809	6,79	3,908	5,208	3,872	6,337
3,851	6,79	3,875	5,205	3,88	6,338
3,838	6,79	3,87	5,201	3,937	6,342
3,848	6,791	3,881	5,2	3,969	6,345
3,846	6,794	3,868	5,199	3,975	6,345
3,887	6,799	3,801	5,199	3,943	6,345
3,922	6,8	3,899	5,199	3,946	6,345
3,911	6,8	3,83	5,199	3,836	6,344
3,835	6,8	3,847	5,199	3,887	6,343
3,876	6,799	3,914	5,2	3,867	6,34
3,854	6,798	3,917	5,202	3,866	6,337
3,762	6,796	3,885	5,207	3,837	6,336
3,817	6,792	3,887	5,208	3,854	6,336
3,822	6,79	3,88	5,208	3,832	6,336
3,817	6,79	3,856	5,208	3,843	6,336
3,806	6,79	3,881	5,208	3,902	6,336
3,793	6,79	3,873	5,207	3,854	6,337

3,754	6,79	3,794	5,205	3,916	6,337
3,784	6,791	3,803	5,201	3,899	6,34
3,864	6,794	3,827	5,2	3,925	6,344
3,794	6,799	3,825	5,199	3,876	6,345
3,868	6,8	3,833	5,199	3,938	6,346
3,916	6,8	3,781	5,199	3,871	6,346
3,825	6,8	3,741	5,199	3,876	6,345
3,881	6,799	3,851	5,199	3,823	6,344
3,86	6,798	3,803	5,2	3,855	6,34
3,895	6,796	3,84	5,202	3,768	6,337
3,907	6,792	3,878	5,207	3,824	6,336
3,787	6,79	3,894	5,208	3,807	6,336
3,862	6,79	3,894	5,208	3,781	6,336
3,863	6,79	3,863	5,208	3,888	6,336
3,801	6,79	3,902	5,208	3,817	6,336
3,786	6,79	3,856	5,207	3,889	6,337
3,81	6,791	3,824	5,204	3,884	6,337
3,846	6,794	3,799	5,201	3,836	6,34
3,932	6,799	3,707	5,2	3,837	6,343
3,893	6,8	3,736	5,199	3,88	6,345
3,872	6,8	3,755	5,199	3,924	6,345
3,901	6,8	3,664	5,199	3,888	6,345
3,872	6,799	3,679	5,199	3,86	6,344
3,82	6,798	3,696	5,2	3,858	6,344
3,856	6,796	3,752	5,2	3,92	6,342
3,811	6,792	3,767	5,202	3,864	6,339
3,856	6,79	3,818	5,207	3,8	6,337
3,805	6,79	3,822	5,208	3,786	6,336
3,881	6,79	3,896	5,208	3,874	6,336
3,834	6,79	3,852	5,208	3,854	6,336
3,807	6,79	3,884	5,208	3,85	6,336
3,891	6,791	3,836	5,207	3,821	6,336
3,902	6,794	3,824	5,204	3,854	6,337
3,899	6,799	3,747	5,201	3,902	6,338
3,919	6,8	3,877	5,2	3,91	6,342
3,915	6,8	3,862	5,199	3,926	6,345
3,977	6,8	3,869	5,199	3,882	6,345
3,931	6,799	3,851	5,199	3,906	6,346
3,913	6,798	3,83	5,199	3,884	6,345
3,97	6,796	3,851	5,199	3,92	6,344
3,864	6,792	3,855	5,2	3,946	6,343
3,847	6,79	3,822	5,203	3,879	6,339
3,884	6,79	3,948	5,207	3,877	6,337
3,808	6,79	3,952	5,208	3,844	6,336
3,832	6,79	3,876	5,208	3,868	6,336
3,903	6,79	3,86	5,208	3,834	6,336

3,915	6,791	3,876	5,208	3,886	6,336
3,899	6,794	3,896	5,207	3,883	6,336
3,909	6,799	3,849	5,204	3,897	6,337
3,87	6,8	3,802	5,201	3,844	6,337
3,934	6,8	3,772	5,2	3,86	6,341
3,857	6,799	3,781	5,199	3,997	6,345
3,813	6,799	3,829	5,199	3,855	6,345
3,816	6,798	3,862	5,199	3,92	6,345
3,812	6,796	3,83	5,199	3,87	6,345
3,812	6,792	3,888	5,199	3,856	6,344
3,838	6,79	3,882	5,2	3,858	6,343
3,749	6,79	3,895	5,203	3,86	6,34
3,889	6,79	3,907	5,207	3,751	6,337
3,863	6,79	3,886	5,208	3,785	6,336
3,829	6,79	3,9	5,208	3,863	6,336
3,786	6,791	3,849	5,208	3,857	6,336
3,843	6,794	3,892	5,208	3,849	6,336
3,888	6,798	3,812	5,207	3,839	6,336
3,893	6,8	3,815	5,204	3,836	6,337
3,852	6,8	3,801	5,201	3,809	6,337
3,883	6,799	3,809	5,2	3,9	6,34
3,903	6,799	3,815	5,199	3,859	6,344
3,813	6,798	3,822	5,199	3,874	6,345
3,86	6,796	3,862	5,199	3,871	6,345
3,836	6,792	3,885	5,199	3,861	6,345
3,817	6,79	3,808	5,2	3,874	6,345
3,853	6,79	3,87	5,2	3,919	6,344
3,827	6,79	3,896	5,203	3,817	6,341
3,792	6,79	3,928	5,207	3,874	6,338
3,798	6,79	3,893	5,208	3,836	6,336
3,868	6,791	3,91	5,208	3,741	6,336
3,827	6,794	3,815	5,208	3,788	6,336
3,848	6,798	3,82	5,208	3,796	6,336
3,819	6,8	3,822	5,207	3,801	6,336
3,752	6,8	3,84	5,204	3,849	6,336
3,786	6,8	3,807	5,201	3,888	6,337
3,825	6,799	3,816	5,2	3,892	6,339
3,858	6,798	3,845	5,199	3,898	6,343
3,832	6,796	3,782	5,199	3,92	6,345
3,818	6,793	3,777	5,199	3,933	6,345
3,863	6,79	3,743	5,199	3,895	6,346
3,839	6,79	3,774	5,2	3,874	6,345
3,838	6,79	3,823	5,2	3,872	6,344
3,824	6,79	3,9	5,204	3,863	6,342
3,835	6,79	3,93	5,207	3,841	6,339
3,85	6,791	3,855	5,208	3,824	6,337

3,876	6,793	3,855	5,208	3,828	6,336
3,911	6,797	3,881	5,208	3,867	6,336
3,847	6,8	3,844	5,208	3,817	6,336
3,888	6,8	3,87	5,207	3,792	6,336
3,857	6,8	3,838	5,204	3,876	6,336
3,834	6,799	3,888	5,201	3,887	6,337
3,873	6,798	3,82	5,2	3,849	6,338
3,835	6,797	3,86	5,199	3,877	6,342
3,808	6,793	3,786	5,199	3,92	6,345
3,758	6,791	3,834	5,199	3,894	6,345
3,751	6,79	3,847	5,199	3,938	6,345
3,757	6,79	3,849	5,201	3,901	6,345
3,802	6,79	3,908	5,215	3,924	6,344
3,84	6,79	4,01	5,238	3,862	6,343
3,738	6,791	4,014	5,259	3,843	6,339
3,826	6,793	4,015	5,275	3,825	6,337
3,786	6,797	4,008	5,289	3,839	6,336
3,819	6,799	3,952	5,302	3,819	6,336
3,838	6,8	3,939	5,315	3,848	6,336
3,829	6,8	3,91	5,328	3,832	6,336
3,828	6,799	3,972	5,341	3,812	6,336
3,858	6,798	3,929	5,357	3,824	6,337
3,782	6,797	3,9	5,372	3,834	6,337
3,797	6,794	4,002	5,387	3,874	6,341
3,861	6,791	3,978	5,4	3,872	6,345
3,761	6,79	3,937	5,413	3,914	6,345
3,822	6,79	3,921	5,426	3,932	6,345
3,737	6,79	3,966	5,438	3,932	6,345
3,763	6,79	3,987	5,451	3,834	6,344
3,766	6,791	3,988	5,466	3,782	6,344
3,808	6,792	3,992	5,482	3,807	6,341
3,779	6,796	4,035	5,498	3,803	6,337
3,834	6,8	3,989	5,512	3,799	6,336
3,86	6,8	4,037	5,525	3,784	6,336
3,848	6,8	4,022	5,537	3,791	6,336
3,826	6,799	4,023	5,55	3,812	6,336
3,796	6,799	4,009	5,563	3,774	6,336
3,808	6,797	3,98	5,577	3,861	6,336
3,795	6,794	4,005	5,593	3,817	6,337
3,786	6,791	3,952	5,608	3,882	6,339
3,732	6,79	3,91	5,623	3,833	6,344
3,784	6,79	3,919	5,636	3,88	6,345
3,718	6,79	4,005	5,649	3,888	6,345
3,753	6,79	3,984	5,661	3,837	6,345
3,779	6,79	4,073	5,674	3,825	6,345
3,799	6,792	4,055	5,688	3,76	6,344

3,775	6,796	4,079	5,704	3,784	6,342
3,86	6,799	4,1	5,719	3,711	6,338
3,862	6,8	4,08	5,734	3,74	6,337
3,845	6,8	4,157	5,747	3,755	6,336
3,834	6,799	4,096	5,76	3,795	6,336
3,821	6,799	4,114	5,773	3,824	6,336
3,836	6,798	4,127	5,786	3,768	6,336
3,848	6,795	4,139	5,799	3,782	6,336
3,796	6,791	4,158	5,814	3,81	6,337
3,798	6,79	4,138	5,829	3,847	6,338
3,782	6,79	4,176	5,845	3,845	6,342
3,777	6,79	4,171	5,859	3,822	6,345
3,813	6,79	4,144	5,872	3,825	6,345
3,841	6,79	4,131	5,885	3,869	6,345
3,819	6,792	4,142	5,897	3,845	6,345
3,818	6,795	4,189	5,91	3,799	6,344
3,871	6,799	4,123	5,924	3,847	6,343
3,871	6,8	4,154	5,94	3,866	6,339
3,859	6,8	4,103	5,955	3,83	6,337
3,886	6,799	4,16	5,97	3,831	6,336
3,836	6,799	4,134	5,983	3,795	6,336
3,838	6,798	4,202	5,996	3,806	6,336
3,838	6,795	4,22	6,009	3,814	6,336
3,788	6,792	4,157	6,022	3,828	6,336
3,813	6,79	4,209	6,035	3,846	6,337
3,823	6,79	4,171	6,05	3,897	6,337
3,807	6,79	4,27	6,065	3,859	6,341
3,887	6,79	4,217	6,081	3,875	6,345
3,814	6,79	4,244	6,095	3,857	6,345
3,817	6,791	4,197	6,108	3,818	6,346
3,861	6,795	4,229	6,121	3,856	6,345
3,835	6,799	4,228	6,133	3,881	6,344
3,847	6,8	4,219	6,146	3,864	6,343
3,879	6,8	4,263	6,16	3,786	6,34
3,837	6,799	4,179	6,175	3,781	6,337
3,831	6,799	4,271	6,191	3,822	6,336
3,805	6,798	4,272	6,206	3,82	6,336
3,857	6,795	4,279	6,22	3,794	6,336
3,836	6,792	4,227	6,232	3,805	6,336
3,772	6,79	4,267	6,245	3,882	6,336
3,772	6,79	4,241	6,258	3,861	6,337
3,833	6,79	4,318	6,271	3,9	6,337
3,839	6,79	4,34	6,286	3,824	6,34
3,856	6,79	4,296	6,301	3,961	6,344
3,852	6,791	4,321	6,317	3,908	6,345
3,883	6,794	4,377	6,331	3,897	6,345

3,823	6,799	4,31	6,344	3,903	6,346
3,796	6,8	4,315	6,357	3,89	6,357
3,83	6,8	4,25	6,369	3,915	6,377
3,863	6,799	4,359	6,382	3,995	6,397
3,822	6,799	4,341	6,396	4,012	6,415
3,865	6,798	4,298	6,412	3,996	6,429
3,862	6,796	4,326	6,427	4,04	6,443
3,877	6,792	4,331	6,442	4,03	6,456
3,878	6,79	4,301	6,456	3,968	6,47
3,868	6,79	4,365	6,468	4,025	6,483
3,891	6,79	4,357	6,481	4,049	6,497
3,841	6,79	4,384	6,494	4,018	6,511
3,924	6,79	4,381	6,507	3,952	6,526
3,877	6,791	4,358	6,522	4,011	6,54
3,902	6,793	4,433	6,537	4,054	6,555
3,875	6,798	4,41	6,553	3,99	6,569
3,887	6,8	4,361	6,567	4,04	6,582
3,852	6,8	4,405	6,58	4,04	6,595
3,817	6,8	4,364	6,593	4,008	6,608
3,846	6,799	4,39	6,606	3,978	6,621
3,81	6,798	4,323	6,618	4,01	6,635
3,803	6,796	4,404	6,632	4,056	6,65
3,762	6,793	4,367	6,648	4,105	6,665
3,791	6,791	4,378	6,663	4,133	6,68
3,744	6,79	4,345	6,678	4,097	6,694
3,789	6,79	4,371	6,692	4,039	6,707
3,865	6,79	4,395	6,705	4,01	6,72
3,832	6,79	4,336	6,717	4,043	6,733
3,837	6,791	4,382	6,73	4,047	6,746
3,876	6,793	4,363	6,743	4,042	6,76
3,837	6,799	4,392	6,758	4,039	6,775
3,821	6,811	4,396	6,773	4,033	6,79
3,818	6,828	4,427	6,789	4,045	6,805
3,891	6,846	4,483	6,803	4,056	6,819
3,902	6,863	4,38	6,816	4,093	6,832
3,888	6,878	4,442	6,829	4,054	6,845
3,906	6,891	4,441	6,842	4,053	6,857
3,91	6,904	4,466	6,854	4,052	6,871
3,935	6,917	4,491	6,868	4,128	6,885
3,929	6,931	4,487	6,883	4,137	6,9
4,01	6,945	4,461	6,899	4,054	6,916
3,941	6,961	4,445	6,914	4,151	6,93
4,004	6,976	4,478	6,928	4,136	6,944
4,023	6,991	4,517	6,941	4,135	6,957
3,976	7,004	4,51	6,954	4,158	6,969
3,965	7,016	4,47	6,966	4,134	6,982

3,947	7,029	4,481	6,979	4,083	6,996
3,974	7,041	4,46	6,994	4,189	7,01
3,96	7,055	4,473	7,009	4,152	7,026
3,943	7,071	4,51	7,025	4,139	7,041
3,983	7,087	4,518	7,04	4,146	7,055
3,912	7,101	4,502	7,053	4,127	7,069
3,898	7,115	4,542	7,065	4,168	7,082
3,96	7,128	4,475	7,078	4,108	7,094
3,966	7,14	4,482	7,091	4,074	7,107
3,916	7,153	4,532	7,104	4,099	7,121
3,991	7,167	4,549	7,119	4,112	7,135
3,955	7,182	4,544	7,135	4,128	7,151
4,022	7,197	4,543	7,15	4,195	7,166
4,08	7,212	4,562	7,164	4,198	7,18
4,009	7,226	4,564	7,177	4,106	7,194
4,028	7,239	4,553	7,19	4,155	7,207
4,017	7,252	4,607	7,203	4,204	7,219
4,015	7,265	4,541	7,215	4,172	7,232
4,034	7,278	4,578	7,229	4,223	7,246
4,088	7,292	4,547	7,245	4,201	7,26
4,055	7,307	4,583	7,26	4,205	7,275
4,007	7,323	4,572	7,275	4,307	7,291
4,081	7,338	4,615	7,289	4,2	7,305
4,079	7,351	4,532	7,302	4,237	7,319
4,087	7,364	4,551	7,315	4,206	7,331
4,016	7,376	4,56	7,327	4,191	7,344
4,036	7,389	4,588	7,34	4,195	7,357
4,084	7,403	4,592	7,355	4,182	7,371
4,075	7,418	4,573	7,37	4,182	7,385
4,066	7,433	4,583	7,386	4,185	7,401
4,12	7,448	4,539	7,4	4,282	7,416
4,069	7,462	4,566	7,414	4,253	7,43
4,082	7,476	4,555	7,427	4,18	7,444
4,087	7,488	4,551	7,439	4,244	7,456
4,106	7,501	4,616	7,452	4,179	7,469
4,086	7,514	4,538	7,465	4,245	7,482
4,111	7,528	4,518	7,48	4,221	7,495
4,16	7,543	4,577	7,495	4,241	7,51
4,055	7,558	4,666	7,511	4,222	7,526
4,109	7,574	4,692	7,525	4,256	7,541
4,101	7,588	4,607	7,539	4,248	7,555
4,114	7,6	4,641	7,551	4,293	7,568
4,149	7,613	4,657	7,564	4,221	7,581
4,096	7,626	4,665	7,577	4,272	7,594
4,103	7,639	4,681	7,59	4,204	7,607
4,114	7,653	4,679	7,605	4,245	7,621

4,155	7,668	4,7	7,62	4,339	7,636
4,213	7,683	4,688	7,636	4,288	7,651
4,163	7,699	4,748	7,65	4,31	7,666
4,249	7,712	4,673	7,663	4,313	7,68
4,201	7,725	4,679	7,676	4,305	7,693
4,188	7,738	4,693	7,689	4,293	7,706
4,184	7,75	4,688	7,702	4,278	7,719
4,203	7,764	4,693	7,715	4,303	7,732
4,209	7,778	4,677	7,73	4,316	7,746
4,13	7,794	4,718	7,746	4,338	7,761
4,215	7,809	4,754	7,761	4,29	7,776
4,228	7,824	4,7	7,775	4,35	7,791
4,193	7,837	4,716	7,788	4,308	7,805
4,232	7,85	4,725	7,801	4,293	7,818
4,231	7,862	4,675	7,813	4,309	7,831
4,244	7,875	4,732	7,826	4,292	7,844
4,288	7,889	4,605	7,84	4,347	7,857
4,291	7,903	4,711	7,856	4,374	7,871
4,249	7,919	4,76	7,871	4,292	7,886
4,291	7,934	4,703	7,886	4,335	7,901
4,222	7,949	4,765	7,9	4,387	7,916
4,249	7,962	4,733	7,913	4,384	7,93
4,26	7,974	4,788	7,925	4,353	7,943
4,252	7,987	4,729	7,938	4,36	7,956
4,225	8	4,745	7,951	4,341	7,968
4,224	8,014	4,689	7,966	4,388	7,981
4,211	8,029	4,698	7,981	4,363	7,996
4,2	8,044	4,761	7,997	4,364	8,011
4,305	8,059	4,792	8,012	4,368	8,026
4,239	8,074	4,814	8,025	4,431	8,041
4,275	8,087	4,782	8,037	4,411	8,055
4,29	8,099	4,781	8,05	4,357	8,068
4,283	8,112	4,77	8,063	4,409	8,081
4,272	8,125	4,755	8,076	4,334	8,093
4,304	8,139	4,818	8,091	4,352	8,107
4,31	8,154	4,794	8,106	4,381	8,121
4,222	8,169	4,848	8,122	4,428	8,136
4,274	8,184	4,87	8,137	4,441	8,151
4,326	8,199	4,882	8,15	4,432	8,166
4,279	8,211	4,827	8,162	4,431	8,18
4,263	8,224	4,817	8,175	4,404	8,193
4,275	8,237	4,835	8,188	4,474	8,205
4,266	8,25	4,887	8,201	4,408	8,218
4,322	8,264	4,902	8,216	4,404	8,231
4,325	8,279	4,877	8,232	4,466	8,246
4,298	8,294	4,93	8,247	4,388	8,261

4,378	8,309	4,863	8,261	4,414	8,276
4,396	8,324	4,913	8,274	4,474	8,291
4,417	8,336	4,867	8,287	4,395	8,305
4,421	8,349	4,908	8,3	4,479	8,318
4,395	8,361	4,88	8,313	4,421	8,331
4,362	8,374	4,862	8,326	4,41	8,343
4,35	8,389	4,881	8,342	4,422	8,356
4,379	8,404	4,859	8,357	4,399	8,371
4,415	8,42	4,905	8,372	4,463	8,386
4,417	8,435	4,962	8,386	4,486	8,401
4,341	8,449	4,893	8,399	4,514	8,416
4,324	8,461	4,925	8,412	4,466	8,43
4,372	8,474	4,902	8,424	4,457	8,443
4,425	8,487	4,904	8,437	4,453	8,455
4,318	8,499	4,904	8,451	4,466	8,468
4,367	8,514	4,859	8,467	4,447	8,481
4,379	8,529	4,876	8,483	4,468	8,496
4,374	8,544	4,903	8,498	4,523	8,511
4,426	8,559	4,944	8,511	4,595	8,526
4,367	8,574	4,948	8,524	4,532	8,541
4,426	8,586	4,91	8,536	4,55	8,555
4,419	8,599	4,916	8,549	4,503	8,568
4,477	8,612	4,895	8,562	4,547	8,58
4,447	8,624	4,923	8,577	4,589	8,593
4,439	8,638	4,977	8,592	4,537	8,606
4,437	8,654	5,042	8,608	4,527	8,621
4,419	8,669	4,97	8,623	4,504	8,636
4,432	8,684	4,993	8,636	4,53	8,651
4,45	8,698	4,989	8,648	4,574	8,666
4,39	8,711	5,009	8,661	4,531	8,68
4,462	8,724	4,963	8,674	4,531	8,693
4,446	8,737	4,929	8,687	4,514	8,705
4,394	8,75	5,004	8,702	4,528	8,718
4,478	8,764	4,971	8,718	4,504	8,731
4,485	8,779	4,981	8,733	4,522	8,746
4,424	8,794	5,004	8,747	4,575	8,761
4,424	8,809	5,018	8,76	4,618	8,777
4,455	8,823	5,029	8,773	4,624	8,791
4,437	8,836	5,013	8,786	4,64	8,805
4,469	8,849	4,978	8,799	4,644	8,817
4,48	8,862	4,976	8,812	4,659	8,83
4,453	8,874	4,97	8,827	4,598	8,842
4,484	8,888	4,985	8,843	4,642	8,856
4,491	8,904	5,035	8,858	4,651	8,871
4,475	8,919	5,003	8,872	4,702	8,886
4,424	8,934	5,017	8,885	4,683	8,902

4,516	8,948	5,038	8,898	4,652	8,916
4,415	8,961	5,035	8,911	4,693	8,929
4,522	8,974	5,033	8,923	4,674	8,942
4,522	8,986	4,998	8,937	4,628	8,955
4,496	8,999	5,03	8,953	4,649	8,968
4,49	9,014	5,069	8,968	4,648	8,981
4,549	9,029	5,084	8,984	4,627	8,996
4,491	9,044	5,034	8,997	4,661	9,011
4,549	9,059	5,092	9,01	4,687	9,027
4,617	9,073	5,085	9,023	4,689	9,041
4,623	9,086	5,064	9,036	4,689	9,054
4,561	9,099	5,113	9,049	4,674	9,067
4,516	9,111	5,094	9,062	4,656	9,08
4,561	9,124	5,124	9,078	4,688	9,093
4,557	9,138	5,128	9,093	4,684	9,106
4,569	9,154	5,071	9,109	4,652	9,121
4,545	9,169	5,18	9,122	4,644	9,136
4,47	9,185	5,1	9,135	4,725	9,151
4,566	9,198	5,099	9,148	4,721	9,166
4,553	9,211	5,144	9,16	4,707	9,179
4,566	9,224	5,059	9,173	4,711	9,192
4,534	9,236	5,083	9,187	4,663	9,205
4,57	9,249	5,124	9,203	4,673	9,218
4,586	9,264	5,129	9,218	4,665	9,231
4,618	9,279	5,173	9,233	4,752	9,246
4,596	9,294	5,201	9,247	4,745	9,261
4,611	9,309	5,145	9,26	4,705	9,277
4,593	9,323	5,182	9,273	4,734	9,291
4,602	9,336	5,156	9,285	4,735	9,304
4,629	9,348	5,16	9,298	4,762	9,317
4,618	9,361	5,148	9,312	4,756	9,33
4,574	9,374	5,194	9,328	4,76	9,343
4,616	9,388	5,232	9,343	4,754	9,356
4,603	9,404	5,266	9,358	4,74	9,371
4,634	9,42	5,262	9,372	4,791	9,386
4,609	9,435	5,281	9,385	4,794	9,401
4,569	9,448	5,244	9,397	4,802	9,416
4,636	9,461	5,192	9,41	4,776	9,429
4,616	9,473	5,254	9,423	4,754	9,442
4,622	9,486	5,259	9,437	4,839	9,455
4,701	9,499	5,218	9,453	4,765	9,468
4,65	9,514	5,282	9,469	4,781	9,481
4,609	9,529	5,304	9,484	4,768	9,496
4,643	9,545	5,277	9,497	4,772	9,511
4,633	9,56	5,245	9,51	4,821	9,526
4,626	9,573	5,203	9,522	4,848	9,541

4,623	9,586	5,282	9,535	4,843	9,555
4,693	9,598	5,23	9,548	4,816	9,567
4,701	9,611	5,227	9,563	4,87	9,58
4,666	9,624	5,233	9,578	4,785	9,593
4,708	9,639	5,322	9,594	4,791	9,606
4,721	9,654	5,285	9,608	4,841	9,621
4,655	9,67	5,261	9,621	4,845	9,636
4,716	9,684	5,286	9,634	4,87	9,651
4,728	9,698	5,267	9,647	4,856	9,666
4,721	9,71	5,296	9,66	4,777	9,679
4,747	9,723	5,226	9,673	4,767	9,692
4,73	9,735	5,312	9,688	4,795	9,705
4,695	9,749	5,312	9,704	4,822	9,718
4,755	9,764	5,356	9,719	4,792	9,731
4,715	9,78	5,316	9,733	4,781	9,745
4,754	9,795	5,328	9,746	4,84	9,76
4,744	9,809	5,341	9,759	4,851	9,776
4,717	9,822	5,347	9,771	4,888	9,791
4,745	9,835	5,302	9,784	4,968	9,805
4,74	9,847	5,292	9,799	4,832	9,818
4,794	9,86	5,321	9,814	4,902	9,83
4,769	9,874	5,372	9,83	4,92	9,843
4,754	9,89	5,403	9,844	4,941	9,856
4,787	9,905	5,377	9,858	4,859	9,87
4,799	9,92	5,357	9,871	4,915	9,885
4,774	9,934	5,315	9,883	4,825	9,901
4,784	9,947	5,364	9,896	4,871	9,916
4,771	9,96	5,312	9,909	4,922	9,93
4,713	9,972	5,341	9,924	4,85	9,943
4,749	9,985	5,305	9,939	4,874	9,955
4,707	9,999	5,38	9,955	4,888	9,968
4,727	10,015	5,339	9,97	4,947	9,981
4,738	10,03	5,367	9,983	4,917	9,995
4,761	10,045	5,38	9,995	4,944	10,01
4,755	10,059	5,322	10,008	4,938	10,025
4,769	10,072	5,307	10,02	4,979	10,041
4,776	10,085	5,344	10,034	4,995	10,055
4,823	10,097	5,383	10,049	4,993	10,068
4,834	10,11	5,368	10,065	5,051	10,08
4,759	10,125	5,385	10,08	5,04	10,093
4,801	10,14	5,332	10,095	5,032	10,106
4,8	10,155	5,363	10,107	5,049	10,12
4,898	10,17	5,341	10,12	5,058	10,135
4,834	10,184	5,342	10,133	5,016	10,15
4,748	10,197	5,335	10,145	5,001	10,166
4,789	10,209	5,416	10,159	4,935	10,18

4,761	10,222	5,341	10,174	4,978	10,193
4,766	10,235	5,415	10,19	4,949	10,206
4,792	10,25	5,406	10,205	4,971	10,218
4,857	10,265	5,41	10,219	4,951	10,231
4,767	10,28	5,386	10,232	4,961	10,245
4,834	10,295	5,37	10,245	4,975	10,26
4,864	10,309	5,432	10,257	4,999	10,275
4,798	10,322	5,45	10,27	5,041	10,29
4,837	10,334	5,411	10,285	4,998	10,305
4,79	10,347	5,485	10,3	4,963	10,318
4,804	10,36	5,466	10,316	4,932	10,331
4,814	10,375	5,516	10,331	4,982	10,344
4,826	10,39	5,52	10,344	5,001	10,356
4,854	10,406	5,521	10,357	5,008	10,37
4,849	10,42	5,521	10,369	4,974	10,384
4,885	10,434	5,508	10,382	4,952	10,4
4,856	10,447	5,497	10,395	5,011	10,415
4,798	10,459	5,474	10,41	5,045	10,43
4,803	10,472	5,456	10,425	4,956	10,443
4,823	10,485	5,479	10,441	5,021	10,456
4,84	10,499	5,5	10,455	4,99	10,469
4,858	10,515	5,458	10,469	5,008	10,482
4,805	10,53	5,477	10,481	4,918	10,495
4,865	10,545	5,524	10,494	4,952	10,509
4,877	10,559	5,464	10,507	5,006	10,524
4,911	10,572	5,509	10,52	5,048	10,54
4,895	10,584	5,518	10,535	5,043	10,555
4,856	10,597	5,459	10,551	5,097	10,569
4,909	10,61	5,502	10,566	5,085	10,582
4,926	10,624	5,54	10,581	5,062	10,594
4,951	10,64	5,553	10,594	5,1	10,607
4,944	10,656	5,544	10,606	5,072	10,62
4,992	10,67	5,489	10,619	5,089	10,634
4,908	10,684	5,439	10,632	5,098	10,649
4,934	10,697	5,431	10,645	5,087	10,664
4,958	10,709	5,473	10,66	5,083	10,679
4,991	10,722	5,494	10,676	5,145	10,694
4,974	10,735	5,525	10,691	5,163	10,707
5,048	10,75	5,48	10,705	5,082	10,719
5,001	10,765	5,562	10,718	5,165	10,732
4,97	10,78	5,557	10,731	5,137	10,745
4,953	10,795	5,549	10,744	5,131	10,759
4,938	10,809	5,508	10,757	5,115	10,774
4,972	10,822	5,504	10,771	5,093	10,789
4,974	10,834	5,512	10,786	5,113	10,804
4,979	10,847	5,512	10,801	5,094	10,819

4,98	10,86	5,518	10,816	5,161	10,832
5,009	10,874	5,55	10,83	5,155	10,845
4,952	10,89	5,569	10,843	5,111	10,857
5,035	10,905	5,576	10,856	5,083	10,87
4,986	10,92	5,587	10,868	5,082	10,883
4,988	10,934	5,576	10,881	5,074	10,898
4,943	10,947	5,626	10,895	5,122	10,914
4,992	10,959	5,608	10,911	5,085	10,929
4,959	10,972	5,609	10,926	5,127	10,944
5,042	10,985	5,709	10,942	5,165	10,957
4,981	10,999	5,695	10,955	5,097	10,97
4,984	11,014	5,665	10,968	5,129	10,982
5,087	11,03	5,687	10,981	5,159	10,995
5,063	11,045	5,675	10,993	5,16	11,008
5,058	11,059	5,632	11,006	5,183	11,023
5,07	11,072	5,647	11,02	5,186	11,038
5,036	11,084	5,654	11,036	5,176	11,054
5,088	11,097	5,713	11,052	5,242	11,068
5,067	11,11	5,701	11,067	5,286	11,082
5,067	11,124	5,708	11,08	5,292	11,095
5,101	11,139	5,752	11,093	5,21	11,107
5,041	11,155	5,723	11,105	5,226	11,12
5,042	11,17	5,645	11,118	5,209	11,133
5,086	11,184	5,724	11,131	5,231	11,148
5,089	11,197	5,712	11,146	5,232	11,163
4,998	11,209	5,769	11,161	5,234	11,179
5,023	11,222	5,737	11,177	5,239	11,194
5,072	11,235	5,775	11,192	5,24	11,207
5,012	11,249	5,724	11,205	5,271	11,22
5,073	11,264	5,734	11,218	5,285	11,233
5,044	11,28	5,773	11,23	5,264	11,245
5,121	11,295	5,772	11,243	5,223	11,258
5,074	11,309	5,77	11,256	5,23	11,273
5,082	11,322	5,674	11,271	5,192	11,288
5,111	11,334	5,746	11,286	5,257	11,303
5,121	11,347	5,725	11,302	5,262	11,318
5,085	11,359	5,761	11,317	5,299	11,332
5,071	11,374	5,712	11,33	5,291	11,345
5,161	11,389	5,777	11,342	5,298	11,358
5,172	11,405	5,703	11,355	5,293	11,371
5,157	11,42	5,788	11,368	5,306	11,383
5,109	11,434	5,741	11,381	5,266	11,398
5,137	11,447	5,711	11,396	5,259	11,413
5,136	11,459	5,785	11,412	5,281	11,428
5,158	11,472	5,756	11,427	5,29	11,443
5,147	11,485	5,845	11,442	5,271	11,457

5,111	11,499	5,838	11,454	5,269	11,47
5,142	11,515	5,86	11,467	5,264	11,483
5,107	11,53	5,826	11,48	5,312	11,496
5,157	11,545	5,837	11,493	5,304	11,509
5,155	11,559	5,864	11,506	5,339	11,522
5,152	11,572	5,831	11,521	5,273	11,537
5,098	11,584	5,751	11,537	5,339	11,553
5,056	11,597	5,842	11,552	5,323	11,568
5,106	11,61	5,84	11,566	5,316	11,582
5,154	11,624	5,87	11,579	5,34	11,596
5,14	11,64	5,828	11,592	5,361	11,608
5,157	11,655	5,845	11,605	5,307	11,621
5,195	11,67	5,805	11,617	5,341	11,634
5,171	11,684	5,811	11,631	5,393	11,647
5,211	11,697	5,813	11,647	5,326	11,662
5,189	11,709	5,844	11,662	5,343	11,677
5,205	11,721	5,86	11,677	5,391	11,693
5,151	11,735	5,829	11,691	5,335	11,707
5,186	11,749	5,827	11,704	5,393	11,721
5,201	11,765	5,872	11,717	5,346	11,734
5,188	11,78	5,89	11,729	5,394	11,746
5,207	11,795	5,857	11,742	5,372	11,759
5,185	11,809	5,831	11,757	5,336	11,772
5,278	11,821	5,853	11,772	5,368	11,787
5,306	11,834	5,852	11,788	5,357	11,802
5,239	11,846	5,892	11,802	5,366	11,817
5,301	11,859	5,872	11,816	5,416	11,832
5,24	11,874	5,865	11,828	5,362	11,846
5,335	11,89	5,899	11,841	5,384	11,859
5,277	11,905	5,899	11,854	5,393	11,871
5,224	11,92	5,84	11,867	5,354	11,884
5,223	11,934	5,866	11,882	5,443	11,897
5,268	11,947	5,884	11,898	5,41	11,911
5,268	11,959	5,902	11,913	5,452	11,926
5,214	11,972	5,847	11,927	5,443	11,942
5,284	11,985	5,884	11,94	5,393	11,957
5,272	11,999	5,894	11,953	5,448	11,971
5,26	12,014	5,895	11,966	5,438	11,984
5,206	12,03	5,888	11,978	5,398	11,997
5,245	12,045	5,915	11,992	5,457	12,009
5,32	12,059	5,92	12,007	5,38	12,022
5,322	12,071	5,906	12,023	5,432	12,036
5,331	12,084	5,964	12,038	5,451	12,051
5,297	12,097	5,967	12,052	5,453	12,066
5,292	12,11	5,934	12,065	5,477	12,082
5,27	12,124	5,916	12,078	5,441	12,096

5,311	12,14	5,939	12,09	5,524	12,11
5,328	12,155	5,963	12,103	5,434	12,122
5,289	12,17	5,953	12,117	5,438	12,135
5,339	12,184	5,942	12,133	5,431	12,148
5,356	12,197	5,954	12,148	5,483	12,161
5,313	12,209	6,018	12,163	5,437	12,175
5,329	12,221	6,031	12,177	5,431	12,191
5,307	12,235	6,02	12,19	5,526	12,206
5,368	12,249	6,016	12,202	5,488	12,221
5,364	12,264	5,988	12,215	5,555	12,235
5,28	12,28	5,983	12,228	5,487	12,248
5,337	12,295	5,993	12,243	5,49	12,26
5,313	12,309	5,963	12,258	5,482	12,273
5,362	12,322	5,929	12,274	5,453	12,286
5,356	12,334	5,981	12,289	5,498	12,3
5,362	12,346	5,948	12,302	5,51	12,315
5,257	12,359	5,965	12,315	5,507	12,331
5,342	12,374	6,016	12,327	5,477	12,346
5,315	12,389	6,018	12,34	5,464	12,36
5,369	12,405	6,012	12,353	5,507	12,373
5,361	12,42	5,957	12,368	5,537	12,386
5,35	12,434	5,998	12,383	5,462	12,398
5,381	12,446	6,019	12,399	5,49	12,411
5,336	12,459	6,038	12,413	5,473	12,425
5,353	12,471	6,018	12,427	5,462	12,44
5,377	12,485	6,02	12,44	5,489	12,455
5,365	12,499	6,104	12,452	5,535	12,471
5,38	12,515	6,069	12,465	5,606	12,485
5,383	12,53	5,983	12,478	5,488	12,498
5,384	12,545	6,05	12,493	5,545	12,511
5,441	12,559	6,077	12,508	5,489	12,524
5,352	12,571	6,024	12,524	5,444	12,536
5,392	12,584	6,058	12,539	5,478	12,55
5,39	12,596	6,072	12,552	5,575	12,564
5,396	12,61	6,043	12,565	5,574	12,58
5,441	12,624	6,031	12,577	5,57	12,595
5,412	12,64	6,104	12,59	5,62	12,61
5,379	12,655	6,031	12,603	5,546	12,624
5,444	12,67	6,061	12,618	5,557	12,636
5,401	12,683	6,056	12,633	5,576	12,649
5,401	12,696	6,024	12,649	5,603	12,662
5,366	12,708	6,087	12,664	5,534	12,675
5,433	12,721	6,106	12,677	5,622	12,689
5,414	12,735	6,061	12,689	5,613	12,704
5,481	12,75	6,097	12,702	5,587	12,719
5,518	12,765	6,091	12,715	5,602	12,735

5,486	12,78	6,035	12,728	5,621	12,749
5,444	12,795	6,036	12,743	5,641	12,762
5,441	12,808	6,087	12,758	5,577	12,775
5,429	12,821	6,065	12,774	5,637	12,787
5,475	12,833	6,104	12,788	5,606	12,8
5,415	12,846	6,105	12,802	5,67	12,814
5,421	12,859	6,112	12,814	5,632	12,828
5,524	12,874	6,142	12,827	5,658	12,844
5,414	12,89	6,143	12,84	5,703	12,859
5,484	12,905	6,115	12,853	5,634	12,874
5,44	12,92	6,134	12,868	5,656	12,887
5,426	12,933	6,148	12,883	5,606	12,9
5,475	12,946	6,124	12,899	5,627	12,912
5,463	12,958	6,107	12,914	5,619	12,925
5,447	12,971	6,201	12,927	5,65	12,938
5,478	12,984	6,136	12,939	5,673	12,953
5,475	12,999	6,127	12,952	5,628	12,968
5,499	13,015	6,1	12,965	5,655	12,984
5,484	13,03	6,12	12,978	5,723	12,999
5,519	13,045	6,156	12,993	5,688	13,012
5,465	13,058	6,148	13,008	5,67	13,025
5,453	13,071	6,167	13,024	5,677	13,038
5,502	13,083	6,142	13,039	5,606	13,05
5,521	13,096	6,18	13,051	5,677	13,064
5,531	13,109	6,208	13,064	5,701	13,078
5,531	13,124	6,171	13,077	5,652	13,093
5,567	13,14	6,16	13,089	5,723	13,109
5,544	13,155	6,155	13,103	5,677	13,124
5,574	13,17	6,116	13,118	5,728	13,137
5,54	13,183	6,212	13,134	5,666	13,15
5,516	13,196	6,191	13,149	5,729	13,163
5,526	13,208	6,219	13,163	5,693	13,175
5,525	13,221	6,245	13,176	5,703	13,188
5,587	13,235	6,236	13,189	5,686	13,203
5,599	13,25	6,186	13,201	5,719	13,218
5,579	13,265	6,222	13,214	5,746	13,233
5,579	13,28	6,195	13,229	5,678	13,248
5,63	13,295	6,253	13,244	5,776	13,263
5,599	13,308	6,263	13,259	5,695	13,276
5,629	13,321	6,241	13,274	5,745	13,288
5,561	13,333	6,301	13,288	5,747	13,301
5,517	13,346	6,273	13,301	5,71	13,314
5,689	13,359	6,323	13,314	5,704	13,327
5,572	13,374	6,314	13,326	5,704	13,342
5,64	13,39	6,277	13,339	5,749	13,358
5,613	13,405	6,244	13,353	5,781	13,373

5,609	13,42	6,306	13,369	5,753	13,388
5,582	13,433	6,34	13,384	5,728	13,401
5,56	13,446	6,291	13,399	5,759	13,414
5,568	13,458	6,345	13,413	5,781	13,426
5,613	13,471	6,255	13,426	5,747	13,439
5,584	13,484	6,3	13,438	5,772	13,452
5,641	13,499	6,272	13,451	5,78	13,467
5,631	13,514	6,306	13,464	5,807	13,482
5,676	13,53	6,313	13,478	5,764	13,498
5,708	13,545	6,323	13,494	5,796	13,513
5,724	13,558	6,325	13,509	5,795	13,526
5,718	13,571	6,285	13,524	5,802	13,539
5,64	13,584	6,355	13,538	5,898	13,552
5,695	13,596	6,395	13,551	5,855	13,564
5,637	13,609	6,348	13,564	5,871	13,577
5,613	13,624	6,296	13,576	5,899	13,592
5,659	13,639	6,329	13,589	5,804	13,607
5,659	13,655	6,297	13,603	5,776	13,622
5,638	13,67	6,37	13,619	5,825	13,637
5,655	13,683	6,347	13,634	5,779	13,651
5,697	13,696	6,375	13,649	5,78	13,664
5,635	13,709	6,393	13,663	5,827	13,677
5,642	13,721	6,425	13,676	5,803	13,689
5,599	13,734	6,394	13,688	5,798	13,703
5,657	13,749	6,361	13,701	5,772	13,717
5,605	13,764	6,361	13,714	5,768	13,732
5,658	13,78	6,363	13,728	5,791	13,747
5,663	13,795	6,402	13,744	5,804	13,762
5,664	13,809	6,454	13,759	5,812	13,776
5,622	13,821	6,405	13,774	5,803	13,789
5,638	13,834	6,44	13,788	5,82	13,802
5,635	13,846	6,428	13,801	5,801	13,815
5,693	13,859	6,424	13,813	5,91	13,827
5,692	13,873	6,383	13,826	5,88	13,841
5,697	13,889	6,429	13,839	5,855	13,856
5,7	13,904	6,423	13,853	5,888	13,871
5,699	13,92	6,422	13,869	5,884	13,887
5,681	13,934	6,487	13,884	5,861	13,902
5,726	13,946	6,47	13,899	5,931	13,915
5,732	13,959	6,369	13,913	5,952	13,928
5,702	13,971	6,426	13,926	5,881	13,94
5,718	13,984	6,4	13,938	5,861	13,953
5,716	13,999	6,427	13,951	5,946	13,966
5,758	14,014	6,476	13,964	5,924	13,981
5,752	14,029	6,367	13,978	5,903	13,996
5,746	14,045	6,472	13,994	5,9	14,011

5,759	14,058	6,465	14,009	5,948	14,026
5,779	14,071	6,467	14,024	5,914	14,04
5,787	14,084	6,436	14,038	5,889	14,053
5,803	14,096	6,444	14,051	5,93	14,066
5,845	14,109	6,45	14,063	5,913	14,078
5,846	14,124	6,497	14,076	5,941	14,091
5,786	14,139	6,43	14,089	5,923	14,105
5,854	14,154	6,463	14,103	5,95	14,12
5,809	14,17	6,494	14,118	5,955	14,136
5,763	14,184	6,429	14,134	5,928	14,151
5,819	14,196	6,463	14,149	5,907	14,165
5,787	14,209	6,511	14,163	5,937	14,178
5,778	14,221	6,499	14,176	5,952	14,191
5,741	14,234	6,491	14,189	5,955	14,203
5,776	14,248	6,395	14,201	5,94	14,216
5,774	14,264	6,445	14,214	5,946	14,23
5,801	14,279	6,439	14,228	5,982	14,245
5,747	14,295	6,477	14,243	5,945	14,26
5,784	14,309	6,535	14,259	6,066	14,276
5,774	14,321	6,543	14,274	6,059	14,29
5,775	14,334	6,504	14,288	6,003	14,303
5,861	14,346	6,491	14,301	5,955	14,316
5,821	14,359	6,538	14,313	6,025	14,329
5,837	14,373	6,461	14,326	5,963	14,342
5,86	14,388	6,464	14,339	5,925	14,355
5,879	14,404	6,465	14,353	5,959	14,37
5,867	14,419	6,457	14,368	6,002	14,385
5,861	14,434	6,529	14,384	5,935	14,4
5,857	14,447	6,522	14,399	5,949	14,415
5,836	14,459	6,563	14,413	6,067	14,429
5,861	14,472	6,563	14,426	6,046	14,442
5,844	14,484	6,532	14,438	5,975	14,454
5,893	14,498	6,505	14,451	5,965	14,467
5,848	14,513	6,476	14,464	6,008	14,48
5,867	14,528	6,557	14,478	5,951	14,494
5,928	14,544	6,596	14,493	5,956	14,509
5,946	14,559	6,58	14,509	5,987	14,525
5,885	14,572	6,603	14,524	6,058	14,54
5,852	14,585	6,645	14,538	6,02	14,554
5,867	14,597	6,582	14,551	5,985	14,567
5,856	14,61	6,572	14,563	6,012	14,58
5,839	14,623	6,538	14,576	6,012	14,592
5,864	14,638	6,572	14,589	6,01	14,605
5,892	14,653	6,577	14,603	5,995	14,619
5,855	14,668	6,627	14,618	5,99	14,634
5,916	14,683	6,634	14,634	5,985	14,649

5,885	14,697	6,609	14,649	6,047	14,664
5,894	14,71	6,642	14,663	6,048	14,679
5,884	14,722	6,627	14,676	6,059	14,692
5,897	14,735	6,648	14,689	6,01	14,705
5,862	14,748	6,629	14,701	6,017	14,718
5,863	14,763	6,57	14,714	6,042	14,73
5,931	14,778	6,587	14,728	6,026	14,744
5,913	14,793	6,677	14,743	6,019	14,758
5,915	14,808	6,643	14,758	6,027	14,774
5,969	14,822	6,645	14,774	6,021	14,789
5,964	14,835	6,594	14,788	6,022	14,804
5,98	14,847	6,696	14,801	6,1	14,818
5,953	14,86	6,64	14,814	6,088	14,83
5,892	14,873	6,615	14,826	6,006	14,843
5,94	14,887	6,601	14,839	6,032	14,856
5,939	14,903	6,658	14,853	6,06	14,869
5,92	14,918	6,631	14,868	6,111	14,883
6,003	14,933	6,644	14,884	6,095	14,898
5,915	14,947	6,671	14,899	6,113	14,914
5,967	14,96	6,669	14,913	6,101	14,929
5,926	14,973	6,683	14,926	6,105	14,943
5,889	14,985	6,668	14,938	6,11	14,956
5,949	14,998	6,592	14,951	6,082	14,968
5,965	15,012	6,61	14,964	6,101	14,981
5,949	15,027	6,665	14,978	6,114	14,994
5,977	15,043	6,683	14,993	6,111	15,008
6	15,058	6,655	15,009	6,085	15,022
5,964	15,072	6,686	15,024	6,158	15,038
5,983	15,085	6,684	15,038	6,136	15,053
5,954	15,098	6,69	15,051	6,124	15,068
5,945	15,11	6,643	15,063	6,153	15,081
6,013	15,123	6,673	15,076	6,17	15,094
5,997	15,137	6,671	15,089	6,142	15,106
5,97	15,152	6,622	15,103	6,213	15,119
5,988	15,167	6,721	15,118	6,228	15,132
5,963	15,183	6,708	15,134	6,148	15,147
6,034	15,197	6,738	15,149	6,192	15,162
6,025	15,211	6,721	15,163	6,198	15,178
5,951	15,223	6,75	15,176	6,216	15,193
5,959	15,236	6,736	15,188	6,234	15,207
5,968	15,248	6,738	15,201	6,163	15,219
5,956	15,262	6,789	15,214	6,149	15,232
5,97	15,277	6,791	15,228	6,188	15,245
5,986	15,292	6,741	15,243	6,23	15,258
6,012	15,308	6,789	15,259	6,242	15,271
6,044	15,322	6,769	15,274	6,234	15,287

6,044	15,336	6,836	15,288	6,239	15,302
6,014	15,348	6,799	15,301	6,223	15,317
6,033	15,361	6,718	15,313	6,219	15,332
6,068	15,373	6,702	15,326	6,188	15,345
6,016	15,387	6,786	15,339	6,199	15,358
6,035	15,402	6,799	15,353	6,192	15,37
6,048	15,417	6,794	15,368	6,198	15,383
6,075	15,432	6,76	15,384	6,202	15,396
6,085	15,447	6,837	15,399	6,244	15,411
6,074	15,461	6,751	15,413	6,205	15,426
6,049	15,473	6,834	15,425	6,202	15,442
5,988	15,486	6,817	15,438	6,227	15,457
6,003	15,498	6,796	15,451	6,202	15,47
6,014	15,512	6,799	15,464	6,178	15,483
6,024	15,526	6,821	15,478	6,235	15,496
6,032	15,542	6,8	15,494	6,193	15,508
6,067	15,557	6,783	15,509	6,264	15,521
6,088	15,572	6,844	15,524	6,295	15,536
6,068	15,586	6,828	15,538	6,292	15,551
6,088	15,599	6,829	15,55	6,228	15,566
6,106	15,611	6,855	15,563	6,282	15,582
6,113	15,624	6,8	15,575	6,237	15,596
6,085	15,637	6,796	15,589	6,305	15,608
6,122	15,651	6,832	15,603	6,28	15,621
6,094	15,666	6,813	15,619	6,34	15,634
6,128	15,682	6,864	15,634	6,347	15,646
6,122	15,697	6,795	15,649	6,322	15,66
6,108	15,711	6,796	15,662	6,343	15,675
6,109	15,724	6,894	15,675	6,343	15,69
6,118	15,737	6,791	15,688	6,319	15,706
6,08	15,749	6,859	15,7	6,376	15,72
6,087	15,762	6,873	15,714	6,293	15,734
6,154	15,776	6,923	15,729	6,334	15,746
6,082	15,791	6,901	15,744	6,298	15,759
6,071	15,806	6,922	15,759	6,346	15,772
6,111	15,821	6,942	15,774	6,387	15,785
6,134	15,836	6,884	15,788	6,371	15,8
6,104	15,85	6,846	15,8	6,338	15,815
6,177	15,862	6,84	15,813	6,346	15,831
6,137	15,875	6,824	15,825	6,371	15,845
6,192	15,887	6,912	15,838	6,329	15,859
6,152	15,9	6,9	15,853	6,353	15,872
6,183	15,915	6,875	15,868	6,356	15,884
6,163	15,93	6,871	15,884	6,381	15,897
6,129	15,946	6,946	15,899	6,357	15,91
6,261	15,961	6,883	15,913	6,359	15,924

6,198	15,975	6,907	15,926	6,359	15,939
6,237	15,988	6,876	15,938	6,381	15,955
6,186	16	6,943	15,951	6,369	15,97
6,178	16,013	6,888	15,964	6,443	15,984
6,144	16,026	6,852	15,978	6,423	15,997
6,202	16,039	6,956	15,993	6,401	16,01
6,197	16,054	7,021	16,009	6,399	16,023
6,17	16,07	6,993	16,024	6,377	16,035
6,176	16,085	7,024	16,038	6,393	16,049
6,225	16,1	6,913	16,051	6,307	16,064
6,206	16,113	6,968	16,063	6,354	16,079
6,213	16,126	6,926	16,076	6,384	16,094
6,216	16,138	6,943	16,089	6,349	16,109
6,115	16,151	6,904	16,103	6,429	16,123
6,154	16,164	6,993	16,118	6,38	16,136
6,212	16,179	7,024	16,134	6,434	16,148
6,257	16,194	7,075	16,149	6,366	16,161
6,252	16,21	7,034	16,163	6,448	16,174
6,257	16,225	7,045	16,176	6,407	16,188
6,315	16,238	6,978	16,188	6,415	16,204
6,275	16,251	6,997	16,201	6,391	16,219
6,327	16,264	7,024	16,214	6,379	16,234
6,212	16,276	7,012	16,228	6,49	16,248
6,257	16,289	7,011	16,243	6,453	16,261
6,274	16,303	7,043	16,258	6,482	16,274
6,285	16,319	7,068	16,274	6,448	16,286
6,29	16,334	7,081	16,288	6,445	16,299
6,275	16,35	7,038	16,301	6,375	16,313
6,253	16,364	7,047	16,313	6,385	16,328
6,237	16,377	7,078	16,326	6,431	16,343
6,19	16,389	7,066	16,339	6,44	16,358
6,261	16,402	7,031	16,352	6,47	16,373
6,24	16,415	7,069	16,368	6,488	16,387
6,278	16,428	7,065	16,383	6,529	16,4
6,268	16,443	7,069	16,399	6,519	16,412
6,342	16,458	7,04	16,413	6,494	16,425
6,366	16,474	7,052	16,426	6,476	16,438
6,415	16,489	7,054	16,438	6,426	16,452
6,39	16,503	7,01	16,451	6,37	16,467
6,375	16,515	6,995	16,464	6,486	16,483
6,351	16,528	7,025	16,478	6,505	16,498
6,378	16,54	7,104	16,493	6,515	16,512
6,299	16,553	7,118	16,508	6,488	16,525
6,372	16,567	7,118	16,524	6,476	16,538
6,314	16,582	7,161	16,538	6,45	16,55
6,384	16,598	7,131	16,551	6,445	16,563

6,357	16,613	7,149	16,563	6,413	16,576
6,354	16,628	7,118	16,576	6,417	16,591
6,353	16,641	7,097	16,589	6,407	16,606
6,387	16,653	7,072	16,603	6,471	16,622
6,302	16,666	7,109	16,618	6,463	16,637
6,281	16,679	7,069	16,633	6,486	16,651
6,324	16,692	7,083	16,649	6,531	16,663
6,329	16,707	7,085	16,663	6,46	16,676
6,396	16,722	7,079	16,676	6,452	16,689
6,375	16,738	7,143	16,688	6,506	16,702
6,385	16,753	7,099	16,701	6,435	16,716
6,3	16,766	7,109	16,714	6,515	16,731
6,331	16,778	7,113	16,728	6,534	16,746
6,414	16,791	7,115	16,743	6,49	16,761
6,371	16,803	7,132	16,758	6,541	16,776
6,366	16,817	7,161	16,774	6,562	16,789
6,346	16,831	7,162	16,788	6,547	16,802
6,355	16,847	7,081	16,801	6,554	16,814
6,42	16,862	7,069	16,813	6,543	16,827
6,419	16,877	7,099	16,826	6,6	16,841
6,421	16,891	7,11	16,839	6,547	16,855
6,419	16,904	7,152	16,852	6,58	16,87
6,355	16,917	7,175	16,868	6,625	16,886
6,43	16,929	7,183	16,883	6,605	16,901
6,393	16,942	7,194	16,898	6,581	16,914
6,42	16,956	7,201	16,913	6,586	16,927
6,392	16,971	7,285	16,926	6,616	16,94
6,46	16,987	7,225	16,938	6,595	16,953
6,463	17,002	7,199	16,951	6,578	16,965
6,454	17,016	7,247	16,964	6,559	16,979
6,388	17,029	7,271	16,977	6,57	16,994
6,378	17,042	7,226	16,993	6,608	17,01
6,412	17,054	7,239	17,008	6,585	17,025
6,437	17,067	7,236	17,023	6,634	17,04
6,42	17,081	7,293	17,038	6,651	17,053
6,48	17,096	7,262	17,051	6,542	17,066
6,5	17,111	7,232	17,063	6,532	17,078
6,47	17,127	7,175	17,076	6,543	17,091
6,452	17,141	7,209	17,089	6,658	17,104
6,534	17,155	7,206	17,102	6,642	17,119
6,46	17,167	7,201	17,117	6,645	17,134
6,414	17,18	7,218	17,133	6,672	17,149
6,446	17,193	7,266	17,148	6,619	17,164
6,481	17,206	7,258	17,163	6,684	17,178
6,508	17,22	7,327	17,176	6,649	17,191
6,531	17,236	7,274	17,189	6,638	17,204

6,612	17,251	7,241	17,201	6,671	17,217
6,566	17,266	7,262	17,214	6,689	17,229
6,543	17,28	7,327	17,227	6,621	17,243
6,523	17,293	7,253	17,242	6,773	17,258
6,482	17,305	7,241	17,258	6,744	17,274
6,523	17,318	7,212	17,273	6,74	17,289
6,477	17,331	7,259	17,288	6,735	17,303
6,462	17,345	7,269	17,301	6,702	17,317
6,497	17,36	7,27	17,314	6,716	17,329
6,505	17,375	7,293	17,326	6,648	17,342
6,535	17,391	7,276	17,339	6,669	17,355
6,498	17,405	7,304	17,352	6,659	17,368
6,576	17,418	7,309	17,367	6,639	17,383
6,552	17,431	7,324	17,382	6,708	17,398
6,475	17,443	7,336	17,398	6,739	17,413
6,496	17,456	7,315	17,413	6,745	17,428
6,496	17,469	7,271	17,426	6,697	17,442
6,501	17,484	7,281	17,439	6,719	17,455
6,478	17,5	7,281	17,451	6,711	17,468
6,472	17,515	7,264	17,464	6,746	17,48
6,489	17,53	7,313	17,477	6,739	17,493
6,572	17,544	7,295	17,492	6,687	17,507
6,484	17,557	7,264	17,507	6,75	17,522
6,498	17,569	7,228	17,522	6,702	17,537
6,482	17,582	7,283	17,537	6,718	17,553
6,481	17,594	7,312	17,551	6,765	17,567
6,57	17,609	7,299	17,564	6,676	17,581
6,626	17,624	7,324	17,577	6,68	17,593
6,59	17,639	7,24	17,589	6,742	17,606
6,615	17,655	7,308	17,602	6,666	17,619
6,601	17,669	7,343	17,617	6,764	17,632
6,603	17,682	7,328	17,632	6,699	17,646
6,588	17,694	7,313	17,647	6,69	17,662
6,611	17,707	7,321	17,662	6,709	17,677
6,572	17,72	7,363	17,676	6,699	17,692
6,534	17,734	7,353	17,689	6,663	17,706
6,559	17,749	7,287	17,702	6,724	17,719
6,582	17,764	7,335	17,714	6,723	17,732
6,595	17,779	7,323	17,727	6,777	17,744
6,583	17,794	7,362	17,741	6,8	17,757
6,569	17,807	7,301	17,757	6,771	17,771
6,565	17,82	7,392	17,772	6,736	17,786
6,627	17,832	7,355	17,787	6,796	17,801
6,592	17,845	7,413	17,801	6,77	17,817
6,62	17,858	7,358	17,814	6,765	17,831
6,635	17,873	7,401	17,827	6,8	17,845

6,684	17,888	7,364	17,839	6,805	17,857
6,667	17,904	7,371	17,852	6,755	17,87
6,646	17,919	7,408	17,866	6,748	17,883
6,656	17,933	7,363	17,881	6,811	17,896
6,678	17,945	7,407	17,897	6,749	17,91
6,626	17,958	7,45	17,912	6,724	17,925
6,56	17,97	7,528	17,926	6,726	17,94
6,61	17,983	7,463	17,939	6,816	17,956
6,661	17,998	7,437	17,952	6,79	17,97
6,616	18,013	7,412	17,965	6,839	17,983
6,625	18,028	7,438	17,977	6,782	17,996
6,623	18,044	7,513	17,991	6,824	18,009
6,603	18,058	7,49	18,006	6,793	18,021
6,64	18,071	7,495	18,022	6,819	18,035
6,646	18,083	7,448	18,037	6,803	18,049
6,682	18,096	7,54	18,051	6,778	18,065
6,579	18,108	7,502	18,065	6,803	18,08
6,666	18,122	7,507	18,077	6,826	18,095
6,716	18,138	7,531	18,09	6,834	18,109
6,634	18,153	7,487	18,103	6,815	18,122
6,628	18,168	7,5	18,116	6,854	18,134
6,715	18,183	7,535	18,131	6,885	18,147
6,671	18,196	7,534	18,146	6,858	18,16
6,746	18,209	7,512	18,161	6,796	18,174
6,667	18,221	7,498	18,176	6,862	18,189
6,671	18,234	7,489	18,19	6,873	18,204
6,746	18,247	7,473	18,203	6,889	18,219
6,667	18,262	7,503	18,215	6,893	18,234
6,719	18,277	7,523	18,228	6,912	18,247
6,78	18,293	7,47	18,241	6,947	18,26
6,816	18,308	7,482	18,255	6,941	18,273
6,771	18,322	7,484	18,271	6,889	18,285
6,773	18,334	7,485	18,286	6,865	18,298
6,731	18,347	7,581	18,301	6,934	18,313
6,729	18,359	7,542	18,315	6,9	18,328
6,744	18,372	7,506	18,328	6,912	18,343
6,727	18,386	7,513	18,341	6,94	18,358
6,703	18,401	7,525	18,353	6,939	18,373
6,758	18,417	7,523	18,366	6,936	18,386
6,726	18,432	7,631	18,38	6,945	18,399
6,764	18,447	7,587	18,395	6,983	18,411
6,753	18,46	7,547	18,411	6,943	18,424
6,768	18,472	7,564	18,426	6,943	18,437
6,752	18,485	7,578	18,44	6,976	18,452
6,788	18,498	7,548	18,453	7,028	18,467
6,745	18,511	7,546	18,466	7,024	18,483

6,773	18,526	7,548	18,479	7,07	18,498
6,743	18,541	7,534	18,491	7,005	18,511
6,764	18,556	7,545	18,505	7,006	18,524
6,846	18,572	7,572	18,52	7,013	18,537
6,772	18,585	7,591	18,535	6,982	18,55
6,828	18,598	7,575	18,551	6,98	18,563
6,813	18,611	7,568	18,565	7,025	18,576
6,772	18,623	7,596	18,579	7,018	18,591
6,804	18,636	7,61	18,591	7,001	18,607
6,858	18,65	7,6	18,604	7,113	18,622
6,78	18,665	7,618	18,616	6,991	18,637
6,832	18,681	7,545	18,63	7,011	18,65
6,834	18,696	7,579	18,645	7,012	18,663
6,862	18,71	7,582	18,66	6,968	18,675
6,831	18,724	7,573	18,675	6,989	18,688
6,873	18,736	7,614	18,69	7,022	18,701
6,797	18,749	7,61	18,703	7,07	18,716
6,799	18,761	7,698	18,716	6,99	18,731
6,76	18,775	7,674	18,729	7,019	18,746
6,793	18,79	7,683	18,741	7,015	18,761
6,806	18,805	7,673	18,755	7,001	18,775
6,796	18,821	7,625	18,77	6,976	18,788
6,778	18,836	7,602	18,785	7,025	18,801
6,833	18,849	7,632	18,8	7,007	18,813
6,806	18,862	7,619	18,815	7,002	18,826
6,829	18,874	7,559	18,829	7,034	18,84
6,851	18,887	7,568	18,841	7,06	18,855
6,846	18,9	7,578	18,854	7,038	18,87
6,869	18,914	7,605	18,867	6,999	18,886
6,835	18,929	7,567	18,88	6,962	18,9
6,905	18,944	7,563	18,894	7,019	18,914
6,84	18,96	7,582	18,909	7,005	18,927
6,856	18,974	7,618	18,925	7,051	18,939
6,891	18,988	7,694	18,94	7,048	18,952
6,899	19	7,628	18,954	7,076	18,965
6,876	19,013	7,641	18,967	7,041	18,979
6,85	19,025	7,603	18,979	7,085	18,994
6,855	19,039	7,583	18,992	7,073	19,01
6,936	19,053	7,689	19,005	7,103	19,025
6,943	19,069	7,687	19,019	7,093	19,039
6,929	19,084	7,749	19,034	7,084	19,052
6,932	19,099	7,685	19,05	7,102	19,065
6,964	19,113	7,753	19,065	7,115	19,078
6,885	19,126	7,71	19,079	7,071	19,09
6,931	19,138	7,72	19,092	7,036	19,104
6,953	19,151	7,766	19,104	7,089	19,118

6,882	19,164	7,694	19,117	7,063	19,134
6,963	19,178	7,687	19,13	7,079	19,149
6,96	19,193	7,659	19,144	7,093	19,164
6,936	19,209	7,735	19,159	7,151	19,178
6,908	19,224	7,756	19,174	7,101	19,191
6,896	19,238	7,712	19,19	7,066	19,203
6,899	19,251	7,776	19,204	7,123	19,216
6,949	19,264	7,736	19,217	7,169	19,229
6,942	19,276	7,755	19,23	7,103	19,243
6,924	19,289	7,74	19,243	7,103	19,258
6,956	19,302	7,733	19,255	7,125	19,273
6,909	19,317	7,735	19,269	7,158	19,288
6,938	19,333	7,779	19,283	7,212	19,303
6,981	19,348	7,812	19,299	7,136	19,317
7,037	19,363	7,79	19,314	7,125	19,329
6,96	19,376	7,816	19,329	7,206	19,342
6,939	19,389	7,838	19,342	7,146	19,355
6,927	19,402	7,711	19,355	7,173	19,368
6,945	19,414	7,717	19,368	7,126	19,382
6,906	19,427	7,703	19,38	7,121	19,397
6,906	19,442	7,71	19,393	7,071	19,412
6,941	19,457	7,663	19,408	7,148	19,428
6,958	19,473	7,686	19,423	7,2	19,442
6,932	19,488	7,778	19,439	7,137	19,455
6,936	19,502	7,759	19,454	7,198	19,468
6,955	19,515	7,75	19,468	7,167	19,481
6,934	19,527	7,771	19,481	7,196	19,493
6,931	19,54	7,817	19,493	7,1	19,507
6,93	19,552	7,853	19,506	7,134	19,521
6,937	19,566	7,757	19,519	7,119	19,536
7,035	19,582	7,809	19,533	7,206	19,552
7,034	19,597	7,77	19,548	7,172	19,567
7,101	19,612	7,833	19,563	7,211	19,581
7,05	19,627	7,85	19,578	7,231	19,594
7,112	19,64	7,874	19,593	7,227	19,606
6,971	19,653	7,844	19,606	7,179	19,619
6,972	19,665	7,88	19,619	7,202	19,632
6,95	19,678	7,831	19,631	7,179	19,645
7,005	19,691	7,825	19,644	7,215	19,66
7,045	19,706	7,847	19,657	7,17	19,675
7,043	19,722	7,876	19,672	7,25	19,691
7,044	19,737	7,813	19,687	7,199	19,706
7,06	19,752	7,877	19,703	7,217	19,719
7,127	19,766	7,883	19,718	7,238	19,732
7,081	19,778	7,969	19,731	7,285	19,745
7,019	19,79	7,902	19,744	7,238	19,758

7,083	19,803	7,864	19,756	7,268	19,771
7,03	19,816	7,898	19,769	7,226	19,784
7,084	19,831	7,871	19,782	7,248	19,799
7,117	19,846	7,885	19,797	7,281	19,815
7,122	19,861	7,913	19,812	7,244	19,83
7,145	19,876	7,896	19,827	7,218	19,845
7,107	19,891	7,92	19,843	7,279	19,858
7,088	19,904	7,921	19,857	7,251	19,871
7,029	19,916	7,888	19,87	7,276	19,884
7,038	19,929	7,898	19,882	7,249	19,896
7,128	19,941	7,859	19,895	7,297	19,909
7,082	19,955	7,898	19,907	7,266	19,923
7,086	19,97	7,907	19,921	7,331	19,938
7,065	19,986	7,979	19,937	7,297	19,954
7,069	20,001	7,935	19,952	7,331	19,969
7,125	20,016	7,938	19,967	7,274	19,984
7,115	20,029	7,958	19,982	7,307	19,997
7,046	20,042	7,983	19,995	7,243	20,01
7,06	20,054	8,044	20,007	7,274	20,022
7,097	20,067	7,999	20,02	7,309	20,035
7,125	20,08	8,001	20,033	7,289	20,048
7,11	20,094	7,984	20,046	7,258	20,062
7,096	20,11	7,984	20,061	7,24	20,077
7,131	20,125	8,011	20,077	7,276	20,093
7,083	20,14	7,958	20,092	7,306	20,108
7,122	20,155	7,921	20,107	7,287	20,122
7,099	20,168	7,939	20,12	7,307	20,136
7,131	20,18	7,929	20,133	7,353	20,148
7,169	20,192	7,918	20,145	7,275	20,161
7,108	20,205	7,979	20,155	7,314	20,174
7,141	20,219	8,018	20,157	7,303	20,187
7,177	20,234	8,022	20,157	7,309	20,201
7,221	20,249	7,984	20,157	7,342	20,217
7,168	20,265	7,932	20,156	7,321	20,232
7,204	20,28	7,911	20,152	7,322	20,247
7,221	20,293	7,815	20,144	7,336	20,261
7,187	20,306	7,802	20,14	7,305	20,274
7,207	20,318	7,81	20,139	7,316	20,287
7,208	20,331	7,815	20,139	7,349	20,299
7,153	20,344	7,827	20,139	7,302	20,312
7,202	20,358	7,749	20,139	7,356	20,326
7,142	20,373	7,769	20,14	7,316	20,341
7,155	20,389	7,838	20,141	7,312	20,356
7,136	20,404	7,835	20,146	7,319	20,372
7,137	20,419	7,836	20,151	7,238	20,386
7,161	20,432	7,909	20,151	7,374	20,4

7,238	20,444	7,861	20,151	7,372	20,412
7,139	20,457	7,836	20,151	7,395	20,425
7,162	20,469	7,871	20,151	7,347	20,438
7,139	20,483	7,843	20,149	7,373	20,451
7,126	20,498	7,834	20,145	7,331	20,465
7,16	20,513	7,727	20,142	7,374	20,48
7,155	20,528	7,788	20,141	7,382	20,495
7,179	20,543	7,722	20,141	7,359	20,511
7,22	20,557	7,764	20,141	7,358	20,525
7,229	20,57	7,76	20,141	7,391	20,538
7,162	20,582	7,75	20,141	7,377	20,551
7,199	20,595	7,727	20,141	7,395	20,564
7,285	20,608	7,843	20,142	7,442	20,576
7,281	20,622	7,889	20,146	7,375	20,59
7,21	20,637	7,938	20,15	7,373	20,604
7,265	20,653	7,892	20,151	7,393	20,619
7,283	20,668	7,879	20,151	7,437	20,635
7,263	20,682	7,883	20,151	7,409	20,65
7,262	20,695	7,838	20,15	7,463	20,664
7,315	20,708	7,856	20,149	7,424	20,677
7,257	20,72	7,733	20,147	7,385	20,69
7,236	20,733	7,768	20,143	7,456	20,702
7,238	20,746	7,704	20,141	7,396	20,715
7,29	20,761	7,727	20,141	7,446	20,728
7,238	20,777	7,717	20,141	7,386	20,743
7,328	20,792	7,755	20,141	7,435	20,758
7,347	20,807	7,796	20,141	7,437	20,774
7,3	20,821	7,815	20,141	7,484	20,789
7,351	20,834	7,83	20,141	7,509	20,803
7,334	20,846	7,822	20,144	7,462	20,816
7,302	20,859	7,964	20,149	7,484	20,829
7,294	20,872	7,875	20,151	7,473	20,841
7,35	20,886	7,862	20,151	7,505	20,854
7,314	20,901	7,857	20,151	7,493	20,867
7,297	20,916	7,882	20,15	7,462	20,882
7,348	20,932	7,778	20,15	7,424	20,897
7,36	20,946	7,781	20,148	7,516	20,913
7,284	20,959	7,75	20,145	7,46	20,927
7,305	20,972	7,797	20,142	7,508	20,942
7,307	20,984	7,787	20,141	7,435	20,955
7,265	20,997	7,817	20,141	7,413	20,967
7,302	21,01	7,76	20,141	7,429	20,98
7,238	21,025	7,813	20,141	7,406	20,993
7,297	21,04	7,81	20,141	7,423	21,006
7,372	21,056	7,773	20,141	7,418	21,021
7,351	21,071	7,814	20,142	7,431	21,036

7,326	21,085	7,843	20,147	7,46	21,052
7,31	21,098	7,832	20,151	7,49	21,066
7,343	21,11	7,91	20,151	7,454	21,08
7,288	21,123	7,875	20,151	7,518	21,093
7,303	21,136	7,87	20,151	7,495	21,106
7,348	21,149	7,796	20,15	7,474	21,118
7,304	21,164	7,733	20,149	7,473	21,131
7,339	21,18	7,761	20,146	7,466	21,145
7,406	21,195	7,741	20,142	7,463	21,161
7,393	21,21	7,723	20,141	7,527	21,176
7,407	21,223	7,735	20,141	7,482	21,191
7,351	21,236	7,759	20,141	7,54	21,206
7,42	21,249	7,768	20,141	7,532	21,219
7,328	21,261	7,804	20,141	7,533	21,232
7,386	21,274	7,807	20,141	7,561	21,244
7,381	21,289	7,786	20,141	7,554	21,257
7,363	21,304	7,791	20,145	7,509	21,27
7,418	21,319	7,84	20,15	7,54	21,284
7,404	21,335	7,847	20,151	7,554	21,3
7,442	21,349	7,837	20,151	7,489	21,315
7,407	21,362	7,829	20,151	7,567	21,33
7,455	21,374	7,826	20,15	7,572	21,344
7,426	21,387	7,781	20,15	7,523	21,358
7,42	21,399	7,78	20,148	7,554	21,37
7,409	21,413	7,725	20,144	7,548	21,383
7,467	21,428	7,667	20,141	7,498	21,396
7,421	21,443	7,781	20,141	7,524	21,409
7,491	21,459	7,753	20,141	7,55	21,423
7,517	21,474	7,748	20,141	7,554	21,439
7,532	21,487	7,81	20,141	7,515	21,454
7,518	21,5	7,762	20,141	7,538	21,469
7,45	21,513	7,78	20,141	7,597	21,483
7,447	21,525	7,801	20,143	7,617	21,496
7,42	21,538	7,829	20,148	7,563	21,509
7,41	21,552	7,852	20,151	7,564	21,521
7,414	21,567	7,823	20,151	7,578	21,534
7,488	21,583	7,812	20,151	7,619	21,548
7,472	21,598	7,83	20,151	7,686	21,562
7,487	21,613	7,769	20,15	7,66	21,577
7,507	21,626	7,766	20,149	7,698	21,593
7,417	21,638	7,776	20,145	7,642	21,608
7,464	21,651	7,763	20,142	7,654	21,622
7,458	21,663	7,754	20,141	7,637	21,635
7,466	21,677	7,743	20,141	7,661	21,648
7,507	21,692	7,812	20,141	7,594	21,66
7,447	21,707	7,765	20,141	7,618	21,673

7,53	21,723	7,763	20,141	7,634	21,687
7,548	21,738	7,827	20,141	7,618	21,701
7,561	21,751	7,786	20,141	7,609	21,717
7,57	21,764	7,827	20,145	7,636	21,732
7,528	21,776	7,885	20,15	7,66	21,747
7,493	21,789	7,809	20,151	7,641	21,761
7,412	21,802	7,845	20,151	7,632	21,774
7,483	21,816	7,806	20,151	7,63	21,786
7,479	21,831	7,787	20,15	7,631	21,799
7,451	21,847	7,768	20,15	7,614	21,812
7,455	21,862	7,803	20,147	7,645	21,826
7,421	21,877	7,737	20,143	7,673	21,841
7,444	21,89	7,715	20,141	7,63	21,856
7,484	21,902	7,67	20,141	7,633	21,871
7,473	21,915	7,638	20,141	7,69	21,886
7,496	21,928	7,73	20,141	7,701	21,899
7,47	21,941	7,723	20,141	7,715	21,912
7,469	21,955	7,761	20,141	7,727	21,925
7,53	21,971	7,767	20,141	7,724	21,937
7,485	21,986	7,8	20,143	7,707	21,95
7,509	22,001	7,88	20,148	7,689	21,965
7,578	22,015	7,853	20,151	7,761	21,98
7,546	22,028	7,798	20,151	7,737	21,995
7,563	22,041	7,815	20,151	7,679	22,01
7,58	22,053	7,832	20,15	7,758	22,025
7,528	22,066	7,781	20,15	7,757	22,038
7,54	22,08	7,754	20,149	7,764	22,051
7,549	22,095	7,745	20,145	7,738	22,063
7,577	22,11	7,727	20,142	7,736	22,076
7,594	22,125	7,695	20,141	7,748	22,089
7,657	22,14	7,734	20,141	7,752	22,104
7,661	22,154	7,742	20,141	7,711	22,119
7,655	22,167	7,749	20,141	7,744	22,134
7,613	22,179	7,762	20,141	7,757	22,149
7,605	22,192	7,721	20,141	7,833	22,163
7,632	22,205	7,777	20,142	7,754	22,176
7,586	22,218	7,811	20,147	7,79	22,189
7,605	22,234	7,747	20,151	7,793	22,202
7,624	22,249	7,77	20,151	7,708	22,215
7,6	22,264	7,806	20,151	7,712	22,228
7,662	22,279	7,771	20,151	7,734	22,243
7,623	22,293	7,811	20,15	7,751	22,258
7,573	22,305	7,732	20,149	7,764	22,274
7,599	22,318	7,691	20,146	7,784	22,288
7,596	22,331	7,724	20,142	7,779	22,302
7,597	22,343	7,708	20,141	7,74	22,315

7,538	22,358	7,734	20,141	7,799	22,328
7,581	22,373	7,722	20,141	7,786	22,34
7,589	22,388	7,668	20,141	7,736	22,353
7,564	22,404	7,716	20,141	7,764	22,367
7,669	22,418	7,776	20,141	7,811	22,382
7,678	22,431	7,728	20,142	7,826	22,398
7,746	22,444	7,756	20,145	7,864	22,413
7,742	22,456	7,765	20,15	7,81	22,428
7,699	22,469	7,85	20,151	7,892	22,441
7,672	22,482	7,757	20,151	7,853	22,454
7,644	22,497	7,806	20,151	7,845	22,466
7,754	22,512	7,773	20,15	7,852	22,479
7,745	22,528	7,765	20,149	7,828	22,492
7,737	22,543	7,739	20,147	7,877	22,506
7,751	22,557	7,7	20,143	7,923	22,521
7,773	22,57	7,72	20,141	7,846	22,537
7,727	22,582	7,727	20,141	7,895	22,552
7,75	22,595	7,73	20,141	7,922	22,566
7,73	22,607	7,709	20,141	7,881	22,579
7,724	22,621	7,73	20,141	7,849	22,592
7,658	22,636	7,744	20,141	7,873	22,605
7,715	22,652	7,729	20,141	7,826	22,617
7,725	22,667	7,76	20,144	7,861	22,631
7,75	22,682	7,881	20,149	7,871	22,645
7,699	22,695	7,812	20,151	7,876	22,661
7,696	22,708	7,735	20,151	7,878	22,676
7,701	22,721	7,794	20,151	7,905	22,691
7,743	22,733	7,777	20,15	7,886	22,705
7,733	22,746	7,741	20,15	7,92	22,718
7,737	22,761	7,711	20,148	7,915	22,731
7,77	22,776	7,683	20,144	7,907	22,744
7,788	22,791	7,659	20,142	7,851	22,756
7,767	22,806	7,672	20,141	7,861	22,77
7,785	22,821	7,692	20,141	7,895	22,784
7,835	22,834	7,699	20,141	7,89	22,8
7,815	22,846	7,761	20,141	7,914	22,815
7,776	22,859	7,787	20,141	7,916	22,83
7,744	22,872	7,71	20,141	7,923	22,844
7,83	22,885	7,73	20,143	7,878	22,857
7,768	22,9	7,714	20,148	7,924	22,87
7,773	22,915	7,746	20,151	7,862	22,882
7,835	22,93	7,722	20,151	7,965	22,895
7,789	22,945	7,762	20,151	7,913	22,908
7,835	22,959	7,736	20,15	7,9	22,923
7,822	22,972	7,681	20,15	7,931	22,938
7,776	22,985	7,662	20,149	7,954	22,954

7,793	22,997	7,689	20,145	8,02	22,969
7,79	23,01	7,673	20,142	8,055	22,983
7,739	23,024	7,652	20,141	8,034	22,996
7,741	23,039	7,71	20,141	8,004	23,008
7,797	23,055	7,691	20,141	8,025	23,021
7,855	23,07	7,682	20,141	8,017	23,034
7,786	23,085	7,742	20,141	8,024	23,047
7,85	23,098	7,75	20,141	8	23,062
7,833	23,111	7,81	20,142	7,96	23,077
7,823	23,123	7,789	20,146	7,916	23,085
7,803	23,136	7,749	20,15	7,897	23,086
7,867	23,149	7,782	20,151	7,913	23,084
7,786	23,163	7,776	20,151	7,962	23,081
7,804	23,179	7,743	20,151	7,905	23,072
7,816	23,194	7,736	20,15	7,913	23,065
7,843	23,209	7,732	20,149	7,929	23,064
7,864	23,224	7,732	20,146	7,931	23,064
7,842	23,236	7,668	20,143	7,883	23,064
7,86	23,249	7,645	20,141	7,891	23,064
7,892	23,261	7,698	20,141	7,884	23,064
7,905	23,274	7,661	20,141	7,953	23,064
7,816	23,288	7,659	20,141	7,901	23,064
7,825	23,302	7,683	20,141	7,893	23,067
7,807	23,318	7,707	20,141	7,903	23,073
7,84	23,333	7,723	20,141	7,967	23,075
7,863	23,348	7,747	20,144	7,965	23,075
7,841	23,362	7,751	20,149	7,879	23,075
7,84	23,375	7,759	20,151	7,856	23,074
7,831	23,388	7,744	20,151	7,832	23,074
7,818	23,4	7,68	20,151	7,804	23,071
7,838	23,413	7,692	20,15	7,827	23,067
7,844	23,427	7,67	20,149	7,751	23,065
7,762	23,442	7,667	20,148	7,763	23,064
7,87	23,457	7,698	20,144	7,818	23,064
7,921	23,473	7,728	20,142	7,827	23,064
7,913	23,487	7,659	20,141	7,853	23,064
7,913	23,501	7,689	20,141	7,862	23,065
7,911	23,513	7,683	20,141	7,904	23,065
7,888	23,526	7,664	20,141	7,862	23,066
7,919	23,538	7,624	20,141	7,952	23,068
7,94	23,551	7,71	20,141	7,936	23,072
7,894	23,566	7,673	20,143	7,982	23,074
7,933	23,581	7,741	20,148	7,928	23,074
7,952	23,597	7,793	20,151	7,992	23,074
7,876	23,612	7,653	20,151	7,878	23,074
7,901	23,626	7,76	20,151	7,933	23,074

7,937	23,639	7,743	20,15	7,788	23,072
7,955	23,652	7,686	20,15	7,786	23,068
7,886	23,664	7,712	20,149	7,717	23,065
7,86	23,677	7,718	20,145	7,801	23,065
7,874	23,69	7,643	20,142	7,804	23,064
7,908	23,705	7,699	20,141	7,692	23,064
7,911	23,721	7,646	20,141	7,737	23,064
7,923	23,736	7,608	20,141	7,768	23,064
7,933	23,751	7,685	20,141	7,736	23,065
7,993	23,765	7,704	20,141	7,769	23,065
7,944	23,778	7,67	20,141	7,785	23,067
7,964	23,79	7,715	20,142	7,792	23,071
7,984	23,803	7,78	20,146	7,79	23,074
7,985	23,815	7,812	20,15	7,83	23,074
7,972	23,829	7,774	20,151	7,752	23,074
7,982	23,844	7,799	20,151	7,764	23,074
8,004	23,86	7,741	20,151	7,788	23,074
7,991	23,875	7,789	20,15	7,757	23,073
7,986	23,89	7,665	20,149	7,755	23,069
8,022	23,903	7,726	20,147	7,694	23,065
8,032	23,916	7,628	20,143	7,661	23,065
7,963	23,929	7,699	20,141	7,773	23,064
8,036	23,941	7,614	20,141	7,759	23,064
8,005	23,954	7,69	20,141	7,664	23,064
8,025	23,968	7,664	20,141	7,734	23,064
8,035	23,984	7,649	20,141	7,79	23,064
8,08	23,999	7,662	20,141	7,769	23,065
8,069	24,014	7,686	20,141	7,786	23,066
8,069	24,026	7,709	20,144	7,843	23,07
8,033	24,027	7,726	20,149	7,844	23,074
8,018	24,027	7,724	20,151	7,877	23,074
7,998	24,025	7,695	20,151	7,808	23,074
7,927	24,018	7,773	20,151	7,805	23,074
7,928	24,009	7,754	20,15	7,813	23,074
7,861	24,006	7,692	20,15	7,73	23,073
7,918	24,006	7,638	20,148	7,724	23,07
7,971	24,006	7,631	20,144	7,736	23,067
7,986	24,006	7,636	20,142	7,747	23,065
7,982	24,007	7,549	20,141	7,753	23,064
7,961	24,007	7,609	20,141	7,77	23,064
8,003	24,01	7,584	20,141	7,697	23,064
7,989	24,015	7,659	20,141	7,728	23,064
7,97	24,017	7,638	20,141	7,735	23,064
7,996	24,017	7,69	20,141	7,744	23,065
8,022	24,017	7,745	20,143	7,723	23,066
7,954	24,016	7,689	20,147	7,732	23,069

7,889	24,015	7,767	20,151	7,805	23,074
7,805	24,014	7,762	20,151	7,776	23,074
7,84	24,01	7,691	20,151	7,799	23,074
7,826	24,007	7,699	20,15	7,784	23,074
7,823	24,007	7,74	20,15	7,775	23,074
7,898	24,007	7,667	20,149	7,761	23,073
7,848	24,007	7,693	20,146	7,725	23,071
7,862	24,007	7,66	20,142	7,681	23,067
7,892	24,007	7,601	20,141	7,662	23,065
7,891	24,009	7,593	20,141	7,744	23,064
7,896	24,013	7,621	20,141	7,663	23,064
7,969	24,017	7,665	20,141	7,697	23,064
7,96	24,017	7,618	20,141	7,659	23,064
7,919	24,017	7,672	20,141	7,698	23,064
7,963	24,016	7,668	20,141	7,746	23,065
7,929	24,015	7,702	20,145	7,768	23,066
7,911	24,015	7,705	20,15	7,767	23,068
7,832	24,012	7,696	20,151	7,793	23,073
7,819	24,008	7,712	20,151	7,753	23,074
7,805	24,007	7,692	20,151	7,765	23,074
7,838	24,007	7,688	20,15	7,796	23,074
7,797	24,007	7,656	20,149	7,769	23,074
7,853	24,007	7,722	20,147	7,784	23,074
7,882	24,007	7,613	20,144	7,764	23,071
7,901	24,008	7,627	20,141	7,703	23,068
7,919	24,011	7,649	20,141	7,692	23,065
7,93	24,015	7,614	20,141	7,734	23,065
7,94	24,017	7,647	20,141	7,667	23,064
7,901	24,017	7,655	20,141	7,677	23,064
7,869	24,017	7,692	20,141	7,704	23,064
7,864	24,016	7,714	20,141	7,718	23,064
7,848	24,015	7,66	20,143	7,722	23,065
7,854	24,013	7,692	20,148	7,71	23,065
7,832	24,01	7,753	20,151	7,703	23,067
7,791	24,007	7,704	20,151	7,813	23,072
7,783	24,007	7,656	20,151	7,752	23,074
7,803	24,007	7,694	20,15	7,793	23,074
7,823	24,007	7,661	20,15	7,749	23,074
7,824	24,007	7,669	20,148	7,77	23,074
7,818	24,007	7,65	20,145	7,807	23,074
7,864	24,009	7,638	20,142	7,767	23,072
7,893	24,013	7,613	20,141	7,743	23,068
7,905	24,017	7,574	20,141	7,83	23,065
7,927	24,017	7,6	20,141	7,749	23,065
7,911	24,017	7,635	20,141	7,674	23,064
7,826	24,017	7,661	20,141	7,701	23,064

7,841	24,015	7,663	20,141	7,754	23,064
7,882	24,014	7,646	20,142	7,775	23,064
7,854	24,011	7,692	20,147	7,697	23,064
7,774	24,008	7,708	20,15	7,777	23,065
7,812	24,007	7,726	20,151	7,784	23,067
7,758	24,007	7,745	20,151	7,784	23,072
7,774	24,007	7,65	20,15	7,767	23,074
7,8	24,007	7,621	20,15	7,715	23,074
7,856	24,007	7,655	20,149	7,778	23,074
7,899	24,008	7,617	20,146	7,786	23,074
7,894	24,011	7,643	20,143	7,709	23,074
7,911	24,016	7,659	20,141	7,706	23,072
7,874	24,017	7,641	20,141	7,702	23,069
7,908	24,017	7,669	20,141	7,728	23,066
7,927	24,017	7,638	20,141	7,675	23,065
7,848	24,016	7,662	20,141	7,622	23,064
7,812	24,015	7,666	20,141	7,677	23,064
7,853	24,013	7,725	20,141	7,692	23,064
7,739	24,009	7,758	20,145	7,704	23,064
7,814	24,007	7,796	20,149	7,756	23,064
7,758	24,007	7,731	20,151	7,776	23,065
7,809	24,007	7,783	20,151	7,738	23,066
7,855	24,007	7,774	20,151	7,749	23,071
7,821	24,007	7,756	20,15	7,779	23,074
7,824	24,007	7,736	20,149	7,785	23,074
7,883	24,009	7,7	20,148	7,764	23,074
7,898	24,014	7,657	20,144	7,769	23,074
7,867	24,017	7,686	20,142	7,736	23,074
7,855	24,017	7,64	20,141	7,711	23,073
7,829	24,017	7,674	20,141	7,699	23,069
7,896	24,016	7,676	20,141	7,717	23,066
7,892	24,015	7,707	20,141	7,729	23,065
7,886	24,014	7,641	20,141	7,706	23,064
7,834	24,011	7,706	20,141	7,709	23,064
7,781	24,008	7,687	20,143	7,686	23,064
7,784	24,007	7,72	20,148	7,67	23,064
7,831	24,007	7,713	20,151	7,758	23,064
7,807	24,007	7,72	20,151	7,734	23,065
7,856	24,007	7,683	20,151	7,781	23,066
7,83	24,007	7,689	20,15	7,768	23,071
7,809	24,008	7,626	20,15	7,811	23,074
7,836	24,011	7,71	20,149	7,74	23,074
7,848	24,015	7,643	20,145	7,71	23,074
7,851	24,017	7,629	20,142	7,74	23,074
7,855	24,017	7,606	20,141	7,676	23,074
7,831	24,016	7,522	20,141	7,7	23,073

7,79	24,016	7,561	20,141	7,68	23,07
7,78	24,015	7,592	20,141	7,778	23,066
7,752	24,013	7,657	20,141	7,781	23,065
7,748	24,01	7,675	20,141	7,756	23,064
7,697	24,007	7,695	20,143	7,721	23,064
7,749	24,007	7,655	20,156	7,694	23,064
7,756	24,007	7,738	20,175	7,723	23,064
7,805	24,007	7,756	20,195	7,756	23,064
7,774	24,007	7,761	20,212	7,696	23,065
7,75	24,007	7,809	20,225	7,712	23,066
7,788	24,009	7,81	20,238	7,703	23,07
7,85	24,012	7,819	20,251	7,707	23,074
7,827	24,016	7,823	20,265	7,774	23,074
7,838	24,017	7,817	20,28	7,713	23,074
7,785	24,017	7,802	20,295	7,73	23,074
7,841	24,016	7,813	20,31	7,668	23,074
7,805	24,015	7,838	20,324	7,712	23,073
7,738	24,015	7,843	20,337	7,647	23,07
7,753	24,012	7,909	20,35	7,625	23,067
7,824	24,009	7,904	20,362	7,615	23,065
7,75	24,007	7,837	20,375	7,694	23,064
7,796	24,007	7,93	20,389	7,657	23,064
7,78	24,007	7,835	20,404	7,643	23,064
7,773	24,007	7,82	20,42	7,68	23,064
7,728	24,007	7,878	20,435	7,638	23,064
7,831	24,007	7,855	20,449	7,675	23,065
7,83	24,01	7,948	20,462	7,646	23,066
7,945	24,014	7,96	20,474	7,669	23,069
7,863	24,017	7,979	20,487	7,716	23,073
7,86	24,017	7,915	20,5	7,744	23,074
7,819	24,017	7,972	20,515	7,693	23,074
7,887	24,016	7,989	20,53	7,722	23,074
7,875	24,015	8,007	20,545	7,749	23,074
7,897	24,014	7,96	20,56	7,7	23,073
7,829	24,011	7,968	20,573	7,747	23,071
7,826	24,008	7,917	20,586	7,64	23,067
7,848	24,007	7,944	20,599	7,715	23,065
7,842	24,007	7,954	20,612	7,636	23,064
7,797	24,007	7,923	20,625	7,697	23,064
7,8	24,007	7,941	20,64	7,709	23,064
7,854	24,007	7,929	20,655	7,748	23,064
7,831	24,008	7,953	20,67	7,748	23,064
7,853	24,011	7,957	20,685	7,768	23,065
7,903	24,016	7,94	20,698	7,798	23,066
7,9	24,017	7,969	20,711	7,818	23,068
7,818	24,017	7,981	20,724	7,802	23,073

7,841	24,016	7,982	20,737	7,795	23,074
7,851	24,015	7,997	20,75	7,782	23,074
7,845	24,015	7,982	20,765	7,723	23,074
7,802	24,013	8,034	20,78	7,804	23,074
7,786	24,01	8,029	20,795	7,795	23,074
7,71	24,007	8,049	20,81	7,739	23,072
7,691	24,007	7,984	20,823	7,739	23,068
7,726	24,007	8,086	20,836	7,683	23,065
7,761	24,007	8,036	20,849	7,712	23,064
7,701	24,007	8,016	20,861	7,682	23,064
7,754	24,007	8,059	20,875	7,719	23,064
7,813	24,009	8,068	20,889	7,681	23,064
7,819	24,013	8,1	20,905	7,722	23,064
7,784	24,016	8,136	20,92	7,695	23,064
7,808	24,017	8,078	20,935	7,735	23,065
7,837	24,017	8,13	20,948	7,735	23,068
7,792	24,016	8,116	20,961	7,743	23,072
7,742	24,015	8,022	20,974	7,774	23,074
7,821	24,014	8,045	20,987	7,764	23,074
7,769	24,012	8,022	21	7,734	23,074
7,739	24,008	8,105	21,015	7,733	23,074
7,688	24,007	8,096	21,03	7,667	23,074
7,721	24,007	8,092	21,045	7,655	23,072
7,738	24,007	8,101	21,06	7,573	23,068
7,737	24,007	8,069	21,073	7,636	23,065
7,716	24,007	8,126	21,086	7,668	23,065
7,703	24,008	8,065	21,099	7,698	23,064
7,796	24,01	8,143	21,111	7,648	23,064
7,809	24,015	8,103	21,125	7,697	23,064
7,815	24,017	8,126	21,14	7,684	23,064
7,728	24,017	8,088	21,155	7,665	23,065
7,788	24,017	8,106	21,171	7,714	23,065
7,713	24,016	8,133	21,185	7,766	23,067
7,757	24,015	8,117	21,198	7,771	23,072
7,714	24,014	8,164	21,211	7,736	23,074
7,68	24,011	8,112	21,224	7,744	23,074
7,7	24,008	8,146	21,236	7,726	23,074
7,707	24,007	8,155	21,25	7,734	23,074
7,743	24,007	8,1	21,265	7,764	23,074
7,743	24,007	8,128	21,28	7,732	23,073
7,737	24,007	8,143	21,295	7,633	23,069
7,753	24,007	8,131	21,31	7,637	23,066
7,807	24,008	8,091	21,323	7,671	23,065
7,79	24,012	8,163	21,336	7,647	23,064
7,855	24,016	8,163	21,348	7,649	23,064
7,896	24,017	8,169	21,361	7,608	23,064

7,806	24,017	8,154	21,375	7,689	23,064
7,806	24,016	8,204	21,39	7,668	23,064
7,781	24,015	8,194	21,405	7,611	23,065
7,78	24,015	8,177	21,421	7,72	23,066
7,738	24,012	8,204	21,435	7,732	23,071
7,75	24,009	8,215	21,448	7,754	23,074
7,664	24,007	8,231	21,46	7,802	23,074
7,733	24,007	8,138	21,473	7,789	23,074
7,698	24,007	8,138	21,486	7,783	23,074
7,724	24,007	8,148	21,5	7,727	23,074
7,803	24,007	8,137	21,515	7,752	23,073
7,8	24,007	8,184	21,531	7,681	23,07
7,815	24,01	8,181	21,546	7,73	23,066
7,816	24,014	8,175	21,56	7,691	23,065
7,847	24,017	8,194	21,573	7,722	23,064
7,747	24,017	8,196	21,585	7,724	23,064
7,776	24,017	8,202	21,598	7,72	23,064
7,785	24,016	8,237	21,611	7,698	23,064
7,751	24,015	8,265	21,625	7,745	23,064
7,792	24,014	8,205	21,64	7,757	23,065
7,773	24,011	8,24	21,656	7,683	23,066
7,71	24,008	8,233	21,671	7,697	23,07
7,744	24,007	8,196	21,685	7,704	23,074
7,734	24,007	8,218	21,698	7,746	23,074
7,767	24,007	8,201	21,71	7,749	23,074
7,704	24,007	8,201	21,723	7,72	23,074
7,746	24,007	8,263	21,736	7,702	23,074
7,759	24,008	8,296	21,75	7,748	23,073
7,772	24,011	8,211	21,765	7,699	23,07
7,757	24,016	8,284	21,781	7,608	23,067
7,787	24,017	8,296	21,796	7,595	23,065
7,775	24,017	8,266	21,809	7,634	23,064
7,731	24,016	8,297	21,822	7,701	23,064
7,711	24,016	8,291	21,835	7,669	23,064
7,737	24,015	8,279	21,848	7,631	23,064
7,79	24,013	8,307	21,861	7,651	23,064
7,707	24,01	8,321	21,875	7,623	23,065
7,702	24,007	8,327	21,891	7,649	23,066
7,684	24,007	8,303	21,906	7,696	23,069
7,711	24,007	8,348	21,921	7,774	23,073
7,69	24,007	8,315	21,934	7,738	23,074
7,744	24,007	8,343	21,947	7,723	23,074
7,719	24,007	8,333	21,96	7,667	23,074
7,841	24,009	8,305	21,973	7,693	23,074
7,802	24,013	8,253	21,986	7,696	23,073
7,839	24,016	8,279	22	7,701	23,071

7,807	24,017	8,343	22,016	7,64	23,068
7,846	24,017	8,298	22,031	7,576	23,065
7,845	24,016	8,367	22,046	7,576	23,065
7,76	24,015	8,315	22,059	7,624	23,064
7,761	24,015	8,382	22,072	7,582	23,064
7,759	24,012	8,436	22,085	7,611	23,064
7,706	24,008	8,432	22,098	7,612	23,064
7,719	24,007	8,405	22,111	7,653	23,065
7,701	24,007	8,451	22,125	7,634	23,066
7,713	24,007	8,459	22,141	7,64	23,068
7,799	24,007	8,466	22,156	7,689	23,073
7,728	24,007	8,443	22,171	7,678	23,074
7,738	24,008	8,493	22,184	7,722	23,074
7,77	24,01	8,42	22,197	7,638	23,074
7,749	24,015	8,439	22,21	7,643	23,074
7,826	24,017	8,411	22,223	7,64	23,074
7,712	24,017	8,445	22,236	7,629	23,072
7,76	24,017	8,405	22,25	7,663	23,068
7,706	24,016	8,412	22,265	7,577	23,065
7,75	24,015	8,413	22,281	7,53	23,065
7,75	24,014	8,447	22,296	7,616	23,064
7,723	24,01	8,424	22,309	7,538	23,064
7,65	24,008	8,471	22,322	7,62	23,064
7,635	24,007	8,302	22,335	7,664	23,064
7,714	24,007	8,463	22,348	7,648	23,064
7,694	24,007	8,453	22,361	7,732	23,065
7,706	24,007	8,413	22,375	7,717	23,067
7,743	24,007	8,403	22,391	7,728	23,072
7,805	24,008	8,408	22,406	7,705	23,074
7,767	24,012	8,478	22,421	7,749	23,074
7,831	24,016	8,416	22,434	7,676	23,074
7,853	24,017	8,47	22,447	7,711	23,074
7,904	24,017	8,456	22,46	7,706	23,074
7,816	24,016	8,378	22,473	7,706	23,073
7,806	24,015	8,455	22,486	7,596	23,069
7,809	24,015	8,418	22,5	7,618	23,066
7,83	24,013	8,427	22,515	7,612	23,065
7,758	24,01	8,452	22,53	7,589	23,064
7,785	24,007	8,442	22,545	7,589	23,064
7,73	24,007	8,4	22,559	7,61	23,064
7,731	24,007	8,46	22,572	7,625	23,064
7,792	24,007	8,409	22,585	7,668	23,064
7,718	24,007	8,434	22,598	7,646	23,065
7,758	24,007	8,467	22,611	7,709	23,066
7,778	24,009	8,471	22,625	7,703	23,071
7,837	24,013	8,465	22,64	7,756	23,074

7,775	24,016	8,484	22,655	7,773	23,074
7,791	24,017	8,465	22,67	7,69	23,074
7,842	24,017	8,463	22,684	7,611	23,074
7,782	24,016	8,517	22,697	7,604	23,074
7,754	24,015	8,508	22,71	7,653	23,073
7,796	24,015	8,544	22,723	7,671	23,07
7,763	24,012	8,528	22,736	7,653	23,066
7,75	24,008	8,541	22,75	7,716	23,065
7,661	24,007	8,496	22,765	7,664	23,064
7,688	24,007	8,477	22,78	7,709	23,064
7,67	24,007	8,448	22,796	7,709	23,064
7,656	24,007	8,5	22,809	7,709	23,064
7,707	24,007	8,523	22,822	7,747	23,064
7,735	24,008	8,477	22,835	7,756	23,065
7,727	24,011	8,469	22,848	7,785	23,066
7,752	24,015	8,5	22,861	7,776	23,07
7,828	24,017	8,473	22,875	7,788	23,074
7,753	24,017	8,501	22,89	7,782	23,074
7,823	24,016	8,501	22,905	7,709	23,074
7,775	24,016	8,506	22,92	7,711	23,074
7,775	24,015	8,505	22,934	7,674	23,074
7,742	24,013	8,47	22,947	7,7	23,073
7,786	24,01	8,494	22,96	7,648	23,07
7,702	24,007	8,416	22,973	7,646	23,067
7,713	24,007	8,521	22,986	7,646	23,065
7,703	24,007	8,519	23	7,67	23,065
7,729	24,007	8,574	23,015	7,619	23,064
7,754	24,007	8,573	23,03	7,662	23,064
7,776	24,007	8,555	23,045	7,638	23,064
7,737	24,009	8,493	23,059	7,567	23,065
7,787	24,013	8,605	23,072	7,606	23,069
7,869	24,016	8,582	23,085	7,765	23,088
7,756	24,017	8,493	23,098	7,776	23,112
7,793	24,017	8,576	23,111	7,84	23,132
7,835	24,016	8,562	23,125	7,766	23,147
7,777	24,015	8,672	23,14	7,87	23,161
7,72	24,015	8,572	23,155	7,882	23,174
7,676	24,012	8,643	23,17	7,882	23,186
7,746	24,008	8,651	23,184	7,853	23,199
7,738	24,007	8,579	23,197	7,88	23,213
7,711	24,007	8,652	23,21	7,902	23,228
7,748	24,007	8,709	23,223	7,92	23,242
7,756	24,007	8,612	23,236	7,936	23,257
7,766	24,007	8,602	23,25	7,911	23,271
7,755	24,008	8,663	23,265	7,888	23,285
7,867	24,01	8,651	23,28	7,922	23,298

7,818	24,015	8,655	23,295	7,896	23,31
7,772	24,017	8,643	23,309	7,802	23,323
7,758	24,017	8,598	23,322	7,862	23,337
7,762	24,017	8,674	23,335	7,905	23,352
7,781	24,016	8,67	23,348	7,93	23,367
7,776	24,015	8,665	23,361	7,908	23,382
7,697	24,014	8,673	23,375	7,897	23,397
7,712	24,011	8,649	23,39	7,915	23,41
7,69	24,007	8,733	23,405	7,903	23,423
7,671	24,007	8,617	23,42	7,905	23,435
7,696	24,007	8,624	23,434	7,874	23,448
7,734	24,007	8,646	23,447	7,941	23,462
7,722	24,007	8,627	23,46	7,871	23,477
7,734	24,007	8,707	23,473	7,92	23,492
7,759	24,008	8,751	23,486	7,937	23,507
7,788	24,012	8,686	23,5	7,891	23,522
7,784	24,016	8,698	23,515	7,909	23,535
7,754	24,017	8,715	23,53	7,926	23,548
7,721	24,017	8,725	23,545	7,903	23,56
7,81	24,016	8,781	23,559	7,892	23,573
7,722	24,015	8,762	23,573	7,964	23,587
7,73	24,015	8,774	23,585	7,99	23,602
7,759	24,013	8,694	23,598	7,971	23,617
7,668	24,009	8,723	23,611	7,997	23,632
7,741	24,007	8,693	23,625	7,977	23,646
7,763	24,007	8,775	23,639	7,963	23,66
7,716	24,007	8,736	23,654	7,979	23,672
7,765	24,007	8,695	23,67	7,991	23,685
7,739	24,007	8,757	23,684	8,042	23,698
7,778	24,007	8,741	23,698	8,034	23,712
7,744	24,009	8,671	23,711	8,019	23,727
7,822	24,014	8,747	23,724	8,122	23,742
7,809	24,017	8,744	23,736	8,065	23,757
7,78	24,017	8,757	23,749	8,157	23,772
7,741	24,017	8,785	23,763	8,087	23,785
7,773	24,016	8,807	23,779	8,058	23,798
7,808	24,015	8,763	23,794	8,097	23,811
7,728	24,014	8,767	23,809	8,007	23,823
7,733	24,011	8,774	23,823	8,019	23,837
7,7	24,008	8,801	23,836	8,027	23,851
7,732	24,007	8,741	23,849	8,081	23,866
7,721	24,007	8,743	23,862	8,109	23,882
7,741	24,007	8,746	23,875	8,097	23,897
7,742	24,007	8,772	23,888	8,099	23,91
7,806	24,007	8,771	23,903	8,099	23,923
7,769	24,008	8,721	23,919	8,104	23,936

7,777	24,011	8,719	23,934	8,109	23,949
7,801	24,016	8,779	23,948	8,091	23,962
7,824	24,017	8,76	23,961	8,127	23,976
7,748	24,017	8,777	23,974	8,128	23,991
7,778	24,021	8,793	23,987	8,119	24,006
7,842	24,037	8,812	24	8,129	24,021
7,867	24,057	8,82	24,014	8,169	24,035
7,85	24,078	8,821	24,028	8,104	24,048
7,915	24,094	8,795	24,044	8,103	24,061
7,948	24,107	8,833	24,059	8,114	24,074
7,896	24,12	8,807	24,073	8,153	24,087
7,874	24,133	8,815	24,086	8,137	24,101
7,902	24,147	8,868	24,099	8,138	24,116
7,948	24,161	8,837	24,112	8,109	24,131
7,975	24,176	8,876	24,125	8,145	24,146
7,952	24,191	8,759	24,138	8,16	24,16
7,935	24,206	8,811	24,153	8,178	24,174
8,031	24,219	8,787	24,168	8,166	24,186
7,977	24,232	8,763	24,184	8,171	24,199
7,961	24,244	8,793	24,198	8,184	24,212
7,996	24,257	8,827	24,212	8,185	24,226
7,964	24,271	8,778	24,225	8,237	24,24
7,969	24,286	8,787	24,237	8,249	24,256
7,962	24,301	8,809	24,25	8,195	24,271
7,974	24,317	8,805	24,264	8,246	24,285
7,968	24,331	8,785	24,278	8,2	24,299
8,017	24,344	8,824	24,293	8,239	24,312
8,001	24,356	8,827	24,308	8,235	24,324
7,993	24,369	8,84	24,323	8,257	24,337
7,986	24,382	8,883	24,337	8,26	24,351
7,933	24,396	8,818	24,35	8,246	24,365
7,995	24,411	8,822	24,362	8,25	24,38
7,97	24,427	8,883	24,375	8,282	24,395
8,017	24,442	8,892	24,388	8,294	24,41
7,944	24,456	8,858	24,402	8,299	24,424
7,999	24,468	8,949	24,418	8,257	24,437
7,927	24,481	8,9	24,433	8,276	24,45
7,961	24,494	8,918	24,448	8,291	24,463
7,949	24,507	8,91	24,462	8,313	24,476
7,997	24,521	8,876	24,475	8,252	24,489
7,967	24,537	8,875	24,488	8,23	24,504
8,049	24,552	8,915	24,501	8,243	24,52
8,033	24,567	8,876	24,514	8,28	24,535
8,014	24,581	8,869	24,527	8,224	24,549
8,093	24,593	8,859	24,542	8,212	24,562
8,138	24,606	8,838	24,558	8,207	24,575

8,123	24,619	8,948	24,573	8,191	24,588
8,115	24,632	8,907	24,587	8,151	24,601
8,1	24,646	8,936	24,6	8,219	24,614
8,13	24,661	8,916	24,613	8,276	24,629
8,151	24,677	8,897	24,625	8,267	24,644
8,062	24,692	8,898	24,638	8,328	24,659
8,117	24,706	8,979	24,652	8,329	24,674
8,095	24,718	8,936	24,667	8,331	24,688
8,112	24,731	8,935	24,683	8,332	24,701
8,093	24,744	8,93	24,698	8,342	24,714
8,218	24,757	8,946	24,712	8,241	24,726
8,153	24,771	8,953	24,725	8,297	24,739
8,19	24,786	8,932	24,738	8,268	24,753
8,159	24,801	8,94	24,75	8,326	24,768
8,201	24,817	8,932	24,763	8,362	24,784
8,201	24,831	8,961	24,777	8,329	24,799
8,253	24,844	8,927	24,792	8,347	24,813
8,167	24,856	8,967	24,807	8,346	24,826
8,188	24,869	9,024	24,823	8,381	24,839
8,198	24,882	8,996	24,837	8,411	24,852
8,207	24,896	9,006	24,85	8,392	24,865
8,209	24,911	9,009	24,863	8,374	24,878
8,172	24,926	9,018	24,876	8,372	24,893
8,176	24,941	9,057	24,889	8,39	24,908
8,209	24,956	9,028	24,902	8,349	24,923
8,198	24,969	9,033	24,917	8,372	24,938
8,154	24,982	8,994	24,932	8,378	24,952
8,169	24,994	9,031	24,947	8,367	24,964
8,173	25,007	9,065	24,962	8,38	24,977
8,149	25,021	9,027	24,975	8,335	24,99
8,173	25,035	9,062	24,988	8,295	25,003
8,111	25,051	9,04	25	8,368	25,017
8,169	25,066	9,081	25,013	8,329	25,032
8,201	25,081	9,016	25,027	8,339	25,048
8,237	25,094	9,018	25,042	8,367	25,063
8,17	25,107	9,02	25,057	8,405	25,077
8,182	25,119	9,088	25,072	8,399	25,09
8,188	25,132	9,095	25,087	8,4	25,102
8,21	25,146	9,133	25,1	8,396	25,115
8,224	25,16	9,101	25,113	8,446	25,128
8,19	25,175	9,093	25,126	8,434	25,142
8,225	25,191	9,082	25,139	8,389	25,157
8,161	25,205	9,084	25,152	8,434	25,173
8,209	25,219	9,076	25,167	8,409	25,188
8,169	25,232	9,063	25,182	8,417	25,202
8,217	25,245	9,083	25,197	8,483	25,215

8,271	25,258	9,134	25,212	8,441	25,228
8,215	25,271	9,062	25,225	8,424	25,241
8,192	25,285	9,072	25,238	8,379	25,254
8,22	25,3	9,069	25,251	8,385	25,267
8,293	25,315	9,033	25,263	8,393	25,282
8,25	25,33	9,058	25,277	8,407	25,297
8,227	25,344	9,049	25,292	8,374	25,312
8,254	25,357	9,098	25,307	8,417	25,327
8,242	25,37	9,066	25,322	8,466	25,341
8,291	25,383	9,117	25,337	8,442	25,353
8,262	25,396	9,155	25,35	8,472	25,366
8,261	25,41	9,094	25,363	8,491	25,379
8,188	25,425	9,128	25,376	8,488	25,392
8,236	25,44	9,114	25,389	8,389	25,406
8,323	25,455	9,116	25,402	8,446	25,421
8,289	25,469	9,133	25,416	8,447	25,436
8,311	25,482	9,097	25,431	8,455	25,451
8,302	25,495	9,224	25,447	8,485	25,466
8,351	25,508	9,194	25,462	8,458	25,479
8,275	25,521	9,235	25,476	8,495	25,492
8,281	25,535	9,23	25,488	8,521	25,505
8,237	25,549	9,163	25,501	8,543	25,518
8,28	25,565	9,253	25,514	8,464	25,531
8,263	25,58	9,197	25,527	8,471	25,545
8,331	25,594	9,173	25,541	8,492	25,56
8,301	25,608	9,179	25,556	8,52	25,576
8,287	25,62	9,126	25,571	8,515	25,591
8,266	25,633	9,171	25,587	8,522	25,605
8,3	25,646	9,21	25,601	8,543	25,618
8,281	25,659	9,167	25,614	8,544	25,63
8,273	25,674	9,162	25,626	8,52	25,643
8,315	25,689	9,192	25,639	8,559	25,656
8,358	25,705	9,152	25,652	8,509	25,67
8,332	25,719	9,141	25,666	8,563	25,684
8,372	25,733	9,192	25,681	8,543	25,699
8,35	25,746	9,186	25,696	8,538	25,715
8,408	25,758	9,174	25,711	8,597	25,729
8,384	25,771	9,194	25,726	8,591	25,743
8,395	25,784	9,23	25,739	8,545	25,756
8,448	25,799	9,204	25,752	8,538	25,769
8,375	25,814	9,176	25,765	8,609	25,781
8,38	25,829	9,163	25,778	8,567	25,795
8,441	25,844	9,142	25,791	8,561	25,809
8,439	25,858	9,193	25,805	8,598	25,824
8,466	25,871	9,261	25,821	8,605	25,84
8,42	25,884	9,219	25,836	8,566	25,854

8,411	25,896	9,29	25,851	8,624	25,868
8,423	25,909	9,172	25,864	8,6	25,881
8,375	25,923	9,208	25,877	8,589	25,894
8,322	25,939	9,254	25,89	8,607	25,907
8,423	25,954	9,254	25,903	8,576	25,92
8,505	25,969	9,281	25,916	8,644	25,934
8,441	25,983	9,252	25,93	8,629	25,949
8,435	25,996	9,273	25,945	8,611	25,964
8,469	26,009	9,26	25,96	8,607	25,979
8,499	26,022	9,325	25,975	8,627	25,993
8,501	26,034	9,288	25,99	8,677	26,006
8,44	26,048	9,275	26,003	8,65	26,019
8,502	26,063	9,293	26,015	8,665	26,032
8,464	26,078	9,222	26,028	8,634	26,045
8,462	26,094	9,215	26,041	8,58	26,059
8,502	26,108	9,268	26,055	8,597	26,073
8,484	26,122	9,238	26,069	8,609	26,089
8,476	26,134	9,242	26,085	8,672	26,104
8,467	26,147	9,236	26,1	8,723	26,118
8,458	26,16	9,3	26,115	8,605	26,132
8,451	26,173	9,247	26,128	8,693	26,145
8,407	26,187	9,302	26,141	8,653	26,157
8,485	26,203	9,222	26,153	8,594	26,17
8,42	26,218	9,23	26,166	8,67	26,184
8,459	26,233	9,259	26,179	8,708	26,198
8,494	26,247	9,29	26,194	8,668	26,213
8,497	26,26	9,322	26,209	8,622	26,228
8,452	26,273	9,289	26,225	8,636	26,243
8,47	26,285	9,318	26,24	8,634	26,257
8,439	26,298	9,36	26,253	8,7	26,27
8,434	26,312	9,282	26,266	8,649	26,283
8,55	26,327	9,283	26,279	8,774	26,296
8,568	26,342	9,306	26,292	8,697	26,308
8,549	26,358	9,294	26,305	8,734	26,322
8,53	26,372	9,331	26,319	8,744	26,337
8,54	26,385	9,347	26,334	8,705	26,353
8,531	26,398	9,37	26,349	8,753	26,368
8,511	26,411	9,419	26,364	8,741	26,382
8,509	26,424	9,379	26,378	8,752	26,396
8,543	26,437	9,392	26,391	8,722	26,408
8,495	26,451	9,359	26,404	8,732	26,421
8,562	26,467	9,357	26,417	8,715	26,434
8,494	26,482	9,389	26,43	8,748	26,447
8,579	26,497	9,416	26,443	8,728	26,462
8,567	26,511	9,397	26,458	8,79	26,477
8,532	26,524	9,377	26,474	8,842	26,492

8,535	26,536	9,463	26,489	8,746	26,507
8,486	26,549	9,417	26,503	8,859	26,521
8,472	26,562	9,364	26,517	8,759	26,534
8,483	26,576	9,386	26,529	8,736	26,547
8,512	26,591	9,373	26,542	8,773	26,559
8,507	26,606	9,366	26,555	8,736	26,572
8,557	26,621	9,346	26,568	8,763	26,586
8,623	26,636	9,443	26,583	8,782	26,601
8,57	26,649	9,393	26,598	8,784	26,616
8,587	26,662	9,414	26,614	8,816	26,631
8,567	26,675	9,425	26,628	8,77	26,646
8,584	26,688	9,426	26,642	8,697	26,66
8,634	26,701	9,372	26,655	8,764	26,672
8,71	26,715	9,381	26,667	8,776	26,685
8,634	26,731	9,427	26,68	8,726	26,698
8,636	26,746	9,416	26,693	8,795	26,711
8,657	26,761	9,403	26,708	8,746	26,725
8,634	26,774	9,489	26,723	8,715	26,74
8,638	26,787	9,425	26,738	8,818	26,756
8,643	26,8	9,508	26,753	8,77	26,771
8,547	26,813	9,557	26,767	8,757	26,785
8,585	26,826	9,506	26,78	8,8	26,798
8,603	26,84	9,442	26,793	8,789	26,811
8,629	26,855	9,491	26,806	8,806	26,823
8,644	26,87	9,485	26,818	8,895	26,836
8,631	26,885	9,407	26,832	8,84	26,85
8,65	26,9	9,475	26,847	8,855	26,865
8,695	26,913	9,427	26,863	8,825	26,88
8,625	26,926	9,475	26,878	8,789	26,895
8,663	26,938	9,426	26,892	8,811	26,91
8,661	26,951	9,445	26,905	8,78	26,923
8,632	26,965	9,468	26,918	8,776	26,936
8,635	26,979	9,42	26,931	8,803	26,949
8,664	26,995	9,462	26,944	8,787	26,962
8,624	27,01	9,486	26,957	8,855	26,975
8,68	27,024	9,483	26,972	8,822	26,989
8,684	27,038	9,457	26,987	8,829	27,004
8,638	27,051	9,517	27,003	8,872	27,02
8,663	27,064	9,504	27,017	8,914	27,035
8,695	27,076	9,496	27,03	8,839	27,049
8,697	27,09	9,477	27,043	8,846	27,062
8,674	27,104	9,459	27,056	8,838	27,075
8,697	27,119	9,473	27,069	8,804	27,087
8,723	27,134	9,475	27,082	8,895	27,1
8,731	27,149	9,411	27,097	8,932	27,114
8,694	27,164	9,431	27,112	8,903	27,129

8,675	27,177	9,448	27,127	8,856	27,144
8,716	27,189	9,436	27,142	8,913	27,159
8,707	27,202	9,487	27,155	8,891	27,173
8,653	27,215	9,462	27,168	8,922	27,187
8,699	27,228	9,495	27,181	8,862	27,2
8,65	27,243	9,501	27,194	8,885	27,213
8,689	27,258	9,452	27,207	8,942	27,226
8,713	27,274	9,487	27,222	8,947	27,239
8,702	27,289	9,503	27,237	8,959	27,253
8,779	27,302	9,503	27,252	8,921	27,268
8,666	27,315	9,518	27,267	8,93	27,283
8,683	27,328	9,519	27,281	8,98	27,298
8,696	27,34	9,495	27,293	8,942	27,312
8,678	27,353	9,519	27,306	8,87	27,326
8,707	27,368	9,514	27,319	8,948	27,339
8,74	27,383	9,596	27,332	8,917	27,351
8,782	27,398	9,552	27,347	8,889	27,364
8,797	27,413	9,525	27,362	8,917	27,378
8,805	27,427	9,558	27,377	8,915	27,392
8,769	27,44	9,582	27,392	8,922	27,407
8,777	27,453	9,596	27,406	8,94	27,423
8,8	27,465	9,57	27,418	8,94	27,437
8,774	27,479	9,63	27,431	8,941	27,451
8,723	27,493	9,638	27,444	8,895	27,464
8,8	27,508	9,612	27,457	8,921	27,477
8,785	27,523	9,704	27,471	8,996	27,49
8,866	27,538	9,587	27,487	8,984	27,503
8,817	27,552	9,581	27,502	8,98	27,516
8,736	27,565	9,607	27,517	8,934	27,531
8,798	27,578	9,595	27,531	8,931	27,547
8,84	27,591	9,591	27,544	8,996	27,562
8,761	27,604	9,62	27,556	8,921	27,576
8,836	27,617	9,591	27,569	9,037	27,59
8,848	27,632	9,654	27,582	9,073	27,602
8,838	27,648	9,613	27,596	8,989	27,615
8,846	27,663	9,669	27,612	8,979	27,628
8,819	27,677	9,69	27,627	8,992	27,641
8,772	27,69	9,643	27,642	9,018	27,656
8,828	27,703	9,682	27,656	8,972	27,671
8,787	27,716	9,679	27,669	8,972	27,686
8,824	27,729	9,721	27,682	9,012	27,701
8,831	27,742	9,69	27,694	9,016	27,715
8,83	27,757	9,731	27,707	8,926	27,728
8,846	27,772	9,678	27,721	8,961	27,741
8,779	27,787	9,689	27,736	8,977	27,754
8,783	27,802	9,653	27,751	8,983	27,767

8,784	27,816	9,684	27,766	8,952	27,781
8,8	27,829	9,679	27,781	8,931	27,795
8,828	27,841	9,684	27,794	8,954	27,811
8,839	27,854	9,675	27,807	9,014	27,826
8,806	27,867	9,637	27,82	9,031	27,84
8,857	27,881	9,667	27,832	8,965	27,853
8,842	27,896	9,675	27,846	9,046	27,866
8,85	27,912	9,642	27,86	9,131	27,879
8,844	27,927	9,668	27,876	9,098	27,892
8,939	27,941	9,685	27,891	8,972	27,905
8,918	27,954	9,719	27,906	9,058	27,92
8,891	27,967	9,723	27,92	9,034	27,935
8,893	27,98	9,704	27,932	9,084	27,95
8,97	27,992	9,699	27,945	9,044	27,965
8,939	28,006	9,714	27,958	9,02	27,979
8,913	28,021	9,696	27,971	9,03	27,992
9,014	28,036	9,734	27,985	9,037	28,005
8,987	28,051	9,734	28	9,079	28,018
8,974	28,066	9,7	28,016	9,024	28,031
8,914	28,08	9,727	28,031	9,009	28,044
8,949	28,092	9,728	28,045	9,036	28,059
8,97	28,105	9,723	28,058	9,038	28,074
8,911	28,118	9,696	28,07	9,082	28,089
8,95	28,131	9,673	28,083	9,054	28,104
8,92	28,145	9,794	28,096	9,123	28,118
8,943	28,161	9,766	28,11	9,124	28,131
8,966	28,176	9,786	28,125	9,058	28,143
8,928	28,191	9,751	28,14	9,052	28,156
8,942	28,205	9,757	28,155	9,106	28,169
9,013	28,218	9,807	28,17	9,128	28,183
8,949	28,23	9,729	28,183	9,079	28,198
8,951	28,243	9,814	28,195	9,116	28,213
8,959	28,256	9,789	28,208	9,192	28,228
8,887	28,27	9,746	28,221	9,199	28,243
8,937	28,285	9,831	28,235	9,182	28,256
8,933	28,3	9,775	28,25	9,192	28,269
9,02	28,315	9,804	28,265	9,128	28,282
8,983	28,33	9,829	28,28	9,12	28,294
8,978	28,343	9,808	28,295	9,156	28,308
8,994	28,356	9,848	28,308	9,174	28,322
8,967	28,369	9,794	28,321	9,098	28,338
8,974	28,382	9,817	28,334	9,137	28,353
8,974	28,395	9,785	28,346	9,173	28,368
8,972	28,409	9,815	28,36	9,162	28,381
8,999	28,424	9,853	28,374	9,139	28,395
8,948	28,44	9,807	28,389	9,126	28,407

9,019	28,455	9,837	28,405	9,173	28,42
9,067	28,469	9,869	28,42	9,145	28,433
9,008	28,482	9,872	28,433	9,136	28,447
8,973	28,494	9,851	28,446	9,134	28,462
8,987	28,507	9,849	28,459	9,188	28,477
9,028	28,52	9,864	28,472	9,185	28,492
9,012	28,533	9,839	28,485	9,19	28,507
9,055	28,548	9,894	28,499	9,178	28,52
9,076	28,564	9,849	28,514	9,203	28,533
9,026	28,579	9,896	28,529	9,168	28,546
9,002	28,594	9,908	28,544	9,131	28,559
9,06	28,607	9,932	28,558	9,18	28,572
9,055	28,62	9,824	28,572	9,209	28,586
9,001	28,633	9,846	28,584	9,183	28,601
9,062	28,646	9,835	28,597	9,197	28,616
9,041	28,659	9,844	28,61	9,212	28,631
9,063	28,673	9,849	28,624	9,203	28,646
9,043	28,688	9,868	28,639	9,209	28,659
9,068	28,703	9,839	28,654	9,176	28,672
9,096	28,718	9,945	28,669	9,18	28,684
9,063	28,733	9,898	28,684	9,169	28,697
9,083	28,746	9,88	28,697	9,164	28,711
8,995	28,759	9,863	28,709	9,182	28,725
9,07	28,772	9,916	28,722	9,236	28,74
9,047	28,784	9,885	28,735	9,217	28,756
9,055	28,798	9,905	28,748	9,269	28,77
9,061	28,812	9,965	28,763	9,235	28,784
9,068	28,827	9,946	28,778	9,189	28,797
9,048	28,842	9,958	28,794	9,145	28,81
9,089	28,858	9,961	28,808	9,175	28,823
9,066	28,871	9,989	28,822	9,21	28,836
9,097	28,884	9,945	28,835	9,175	28,849
9,071	28,897	9,978	28,848	9,179	28,864
9,035	28,91	9,947	28,861	9,26	28,88
9,053	28,923	9,93	28,873	9,197	28,895
9,108	28,936	9,912	28,888	9,256	28,909
9,122	28,951	9,937	28,903	9,279	28,923
9,175	28,966	9,912	28,918	9,326	28,936
9,244	28,982	9,95	28,933	9,287	28,949
9,251	28,997	9,976	28,947	9,228	28,962
9,238	29,01	9,964	28,96	9,265	28,975
9,231	29,023	9,934	28,973	9,299	28,989
9,216	29,036	9,904	28,986	9,294	29,004
9,24	29,048	9,954	28,999	9,222	29,019
9,177	29,061	9,891	29,012	9,271	29,034
9,127	29,075	9,876	29,027	9,23	29,048

9,238	29,09	9,959	29,042	9,29	29,061
9,174	29,106	9,993	29,058	9,382	29,074
9,163	29,121	9,95	29,072	9,369	29,087
9,184	29,135	9,945	29,086	9,344	29,1
9,162	29,148	9,987	29,099	9,347	29,113
9,191	29,161	9,932	29,111	9,395	29,128
9,14	29,174	9,95	29,124	9,344	29,143
9,153	29,187	9,95	29,137	9,36	29,158
9,2	29,2	9,955	29,151	9,374	29,173
9,201	29,215	10,025	29,167	9,32	29,187
9,185	29,23	10,009	29,182	9,419	29,2
9,179	29,245	10,025	29,197	9,397	29,213
9,168	29,26	10,063	29,211	9,37	29,225
9,152	29,274	10,052	29,224	9,351	29,239
9,183	29,286	9,986	29,237	9,333	29,252
9,148	29,299	10,055	29,25	9,351	29,267
9,223	29,312	10,06	29,263	9,333	29,282
9,206	29,325	10,026	29,276	9,337	29,297
9,179	29,34	10,031	29,291	9,345	29,312
9,268	29,355	10,012	29,306	9,354	29,326
9,259	29,37	10,063	29,321	9,388	29,338
9,243	29,385	10,07	29,336	9,371	29,351
9,253	29,399	10,118	29,35	9,37	29,364
9,241	29,412	10,042	29,362	9,402	29,377
9,202	29,425	10,045	29,375	9,35	29,391
9,235	29,437	10,063	29,388	9,383	29,406
9,201	29,45	10,06	29,401	9,378	29,422
9,222	29,464	10,132	29,415	9,407	29,437
9,305	29,479	10,083	29,431	9,439	29,451
9,264	29,495	10,098	29,446	9,417	29,464
9,258	29,51	10,107	29,461	9,381	29,477
9,236	29,524	10,054	29,475	9,437	29,49
9,199	29,537	10,104	29,488	9,364	29,503
9,239	29,55	10,087	29,501	9,404	29,516
9,269	29,563	10,064	29,514	9,331	29,531
9,189	29,575	10,081	29,526	9,362	29,546
9,211	29,589	10,084	29,54	9,457	29,561
9,212	29,604	10,077	29,554	9,42	29,576
9,145	29,619	10,049	29,57	9,398	29,59
9,208	29,634	10,112	29,585	9,422	29,603
9,207	29,649	10,032	29,6	9,424	29,616
9,216	29,663	10,112	29,614	9,36	29,628
9,218	29,675	10,122	29,627	9,45	29,641
9,186	29,688	10,133	29,639	9,441	29,655
9,19	29,701	10,138	29,652	9,396	29,67
9,266	29,714	10,129	29,665	9,389	29,685

9,304	29,729	10,149	29,679	9,459	29,7
9,3	29,744	10,15	29,694	9,442	29,715
9,277	29,759	10,13	29,709	9,453	29,728
9,327	29,774	10,189	29,725	9,406	29,741
9,352	29,788	10,107	29,739	9,458	29,754
9,308	29,801	10,137	29,752	9,473	29,767
9,283	29,813	10,096	29,765	9,446	29,78
9,327	29,826	10,165	29,777	9,4	29,794
9,364	29,839	10,101	29,79	9,449	29,809
9,311	29,853	10,113	29,804	9,406	29,824
9,274	29,868	10,151	29,819	9,466	29,839
9,313	29,883	10,155	29,834	9,432	29,854
9,349	29,898	10,137	29,849	9,452	29,867
9,362	29,913	10,146	29,864	9,416	29,88
9,333	29,926	10,157	29,877	9,457	29,893
9,223	29,939	10,164	29,89	9,44	29,905
9,313	29,952	10,147	29,903	9,395	29,919
9,31	29,964	10,191	29,916	9,482	29,933
9,31	29,978	10,172	29,929	9,448	29,948
9,336	29,993	10,14	29,944	9,477	29,963
9,339	30,008	10,154	29,959	9,517	29,978
9,404	30,023	10,171	29,974	9,539	29,993
9,39	30,038	10,262	29,989	9,508	30,006
9,445	30,051	10,194	30,002	9,51	30,019
9,468	30,064	10,101	30,015	9,492	30,031
9,476	30,077	10,233	30,028	9,454	30,044
9,429	30,09	10,151	30,041	9,53	30,057
9,431	30,103	10,19	30,054	9,492	30,072
9,452	30,117	10,229	30,068	9,509	30,087
9,425	30,133	10,197	30,083	9,492	30,102
9,398	30,148	10,205	30,099	9,556	30,117
9,442	30,163	10,217	30,114	9,58	30,131
9,5	30,176	10,195	30,128	9,623	30,144
9,419	30,189	10,196	30,141	9,588	30,157
9,515	30,202	10,233	30,154	9,512	30,17
9,489	30,215	10,232	30,166	9,544	30,183
9,357	30,228	10,202	30,179	9,54	30,196
9,407	30,242	10,249	30,193	9,567	30,211
9,469	30,257	10,285	30,208	9,565	30,226
9,452	30,272	10,286	30,223	9,533	30,242
9,481	30,287	10,25	30,238	9,554	30,256
9,459	30,302	10,3	30,253	9,562	30,27
9,464	30,315	10,26	30,266	9,556	30,283
9,42	30,328	10,307	30,279	9,591	30,296
9,546	30,34	10,235	30,292	9,588	30,309
9,432	30,353	10,231	30,304	9,553	30,322

9,459	30,367	10,258	30,318	9,568	30,336
9,458	30,381	10,189	30,332	9,61	30,351
9,472	30,397	10,236	30,347	9,598	30,366
9,522	30,412	10,214	30,363	9,654	30,381
9,519	30,427	10,259	30,378	9,598	30,395
9,525	30,44	10,285	30,392	9,585	30,408
9,547	30,453	10,251	30,404	9,57	30,421
9,489	30,466	10,313	30,417	9,531	30,434
9,542	30,479	10,255	30,43	9,573	30,447
9,519	30,492	10,273	30,443	9,555	30,46
9,563	30,506	10,265	30,456	9,504	30,474
9,557	30,521	10,257	30,472	9,584	30,489
9,584	30,536	10,295	30,487	9,553	30,505
9,504	30,551	10,27	30,502	9,633	30,52
9,559	30,565	10,29	30,517	9,644	30,534
9,554	30,579	10,318	30,53	9,652	30,547
9,538	30,591	10,268	30,543	9,605	30,56
9,56	30,604	10,304	30,555	9,662	30,573
9,529	30,617	10,266	30,568	9,733	30,586
9,515	30,63	10,232	30,581	9,61	30,599
9,516	30,645	10,294	30,596	9,684	30,614
9,552	30,661	10,329	30,611	9,666	30,629
9,557	30,676	10,274	30,627	9,63	30,644
9,546	30,691	10,321	30,642	9,645	30,659
9,574	30,704	10,257	30,655	9,673	30,673
9,588	30,717	10,283	30,668	9,634	30,686
9,6	30,729	10,281	30,681	9,605	30,698
9,539	30,742	10,264	30,693	9,703	30,711
9,546	30,755	10,336	30,706	9,712	30,724
9,587	30,77	10,274	30,721	9,685	30,738
9,636	30,785	10,348	30,736	9,74	30,753
9,614	30,8	10,369	30,752	9,746	30,768
9,597	30,815	10,368	30,767	9,657	30,783
9,636	30,829	10,443	30,78	9,697	30,798
9,606	30,843	10,331	30,793	9,69	30,811
9,637	30,855	10,351	30,806	9,679	30,824
9,608	30,868	10,399	30,819	9,686	30,837
9,636	30,881	10,383	30,832	9,632	30,85
9,625	30,894	10,334	30,845	9,633	30,863
9,559	30,909	10,351	30,86	9,654	30,877
9,592	30,924	10,392	30,876	9,694	30,892
9,683	30,94	10,408	30,891	9,652	30,907
9,727	30,954	10,456	30,905	9,67	30,922
9,671	30,968	10,386	30,919	9,668	30,937
9,65	30,981	10,394	30,932	9,656	30,95
9,553	30,993	10,361	30,944	9,692	30,963

9,642	31,006	10,359	30,957	9,7	30,976
9,643	31,019	10,434	30,97	9,688	30,989
9,661	31,034	10,397	30,985	9,703	31,002
9,644	31,049	10,302	31	9,694	31,016
9,595	31,064	10,438	31,015	9,694	31,031
9,577	31,079	10,512	31,03	9,726	31,047
9,572	31,093	10,511	31,044	9,678	31,061
9,681	31,106	10,429	31,057	9,697	31,075
9,625	31,119	10,441	31,07	9,72	31,089
9,612	31,132	10,39	31,083	9,706	31,101
9,59	31,145	10,418	31,096	9,66	31,114
9,605	31,158	10,458	31,109	9,757	31,127
9,62	31,173	10,405	31,124	9,741	31,141
9,656	31,188	10,396	31,139	9,659	31,156
9,72	31,203	10,439	31,155	9,713	31,171
9,671	31,218	10,475	31,169	9,743	31,186
9,678	31,232	10,47	31,183	9,751	31,2
9,687	31,245	10,425	31,196	9,75	31,214
9,656	31,257	10,439	31,208	9,798	31,227
9,623	31,27	10,431	31,221	9,79	31,24
9,634	31,283	10,456	31,234	9,786	31,253
9,658	31,297	10,413	31,248	9,824	31,266
9,629	31,313	10,49	31,263	9,832	31,28
9,677	31,328	10,491	31,278	9,804	31,295
9,606	31,343	10,514	31,294	9,791	31,31
9,66	31,357	10,507	31,308	9,831	31,325
9,655	31,37	10,495	31,322	9,804	31,339
9,64	31,383	10,463	31,334	9,775	31,353
9,689	31,396	10,476	31,347	9,848	31,366
9,676	31,409	10,525	31,36	9,826	31,379
9,715	31,422	10,485	31,373	9,795	31,391
9,673	31,437	10,502	31,387	9,874	31,405
9,722	31,452	10,49	31,403	9,807	31,419
9,786	31,467	10,518	31,418	9,868	31,434
9,717	31,482	10,55	31,433	9,852	31,449
9,765	31,496	10,528	31,447	9,824	31,464
9,695	31,509	10,519	31,46	9,845	31,478
9,745	31,521	10,491	31,473	9,887	31,492
9,72	31,534	10,53	31,485	9,83	31,505
9,698	31,547	10,538	31,498	9,819	31,517
9,697	31,561	10,541	31,512	9,817	31,53
9,798	31,576	10,536	31,527	9,828	31,543
9,85	31,591	10,499	31,542	9,821	31,558
9,823	31,606	10,493	31,557	9,806	31,572
9,815	31,621	10,503	31,572	9,857	31,588
9,822	31,634	10,535	31,585	9,842	31,603

9,802	31,647	10,495	31,598	9,886	31,617
9,791	31,66	10,491	31,611	9,907	31,63
9,768	31,672	10,469	31,624	9,843	31,643
9,776	31,686	10,552	31,637	9,876	31,656
9,841	31,7	10,517	31,651	9,849	31,669
9,782	31,716	10,583	31,666	9,863	31,682
9,779	31,731	10,589	31,682	9,873	31,697
9,829	31,746	10,577	31,697	9,876	31,712
9,739	31,759	10,587	31,711	9,864	31,727
9,812	31,772	10,626	31,724	9,917	31,742
9,769	31,785	10,588	31,737	9,903	31,756
9,761	31,798	10,586	31,749	9,871	31,769
9,796	31,811	10,64	31,762	9,875	31,782
9,789	31,825	10,525	31,776	9,935	31,794
9,811	31,84	10,547	31,791	9,92	31,807
9,825	31,855	10,603	31,806	9,962	31,821
9,844	31,87	10,515	31,821	9,984	31,836
9,862	31,885	10,58	31,836	9,974	31,851
9,859	31,898	10,592	31,849	10,006	31,866
9,862	31,911	10,581	31,862	9,955	31,881
9,853	31,924	10,624	31,875	9,999	31,895
9,852	31,936	10,66	31,887	9,995	31,907
9,804	31,95	10,619	31,901	9,911	31,92
9,864	31,964	10,603	31,915	9,884	31,933
9,839	31,979	10,616	31,93	9,899	31,946
9,861	31,995	10,6	31,946	9,928	31,96
9,839	32,009	10,677	31,961	9,947	31,975
9,806	32,023	10,675	31,975	9,985	31,99
9,861	32,036	10,63	31,988	9,967	32,005
9,797	32,049	10,679	32	9,912	32,02
9,777	32,061	10,682	32,013	9,975	32,033
9,776	32,075	10,559	32,026	9,937	32,046
9,877	32,089	10,673	32,039	9,915	32,059
9,792	32,104	10,606	32,054	9,993	32,072
9,86	32,119	10,606	32,069	9,946	32,085
9,782	32,134	10,624	32,085	9,953	32,099
9,834	32,149	10,646	32,1	9,957	32,114
9,901	32,162	10,695	32,113	9,966	32,129
9,831	32,175	10,665	32,126	10,008	32,144
9,84	32,187	10,644	32,139	10,032	32,159
9,88	32,2	10,658	32,151	10,015	32,172
9,906	32,213	10,644	32,164	9,948	32,185
9,883	32,228	10,695	32,179	9,947	32,198
9,904	32,243	10,661	32,194	9,934	32,21
9,873	32,258	10,696	32,209	9,957	32,224
9,809	32,273	10,718	32,224	9,91	32,238

9,868	32,287	10,705	32,238	10,006	32,253
9,855	32,3	10,698	32,252	10,056	32,268
9,916	32,313	10,684	32,264	10,046	32,283
9,925	32,326	10,614	32,277	10,023	32,298
9,928	32,339	10,639	32,29	10,015	32,311
9,955	32,352	10,657	32,303	9,987	32,324
9,913	32,367	10,653	32,319	10,006	32,336
9,904	32,382	10,657	32,334	10,044	32,349
9,915	32,397	10,708	32,349	10,033	32,362
9,943	32,412	10,718	32,363	10,083	32,377
9,931	32,426	10,743	32,377	10,031	32,392
9,957	32,439	10,694	32,39	10,064	32,407
9,961	32,451	10,597	32,402	10,124	32,422
9,92	32,464	10,729	32,415	10,073	32,436
9,922	32,477	10,692	32,428	10,146	32,449
9,96	32,492	10,706	32,443	10,079	32,462
9,926	32,507	10,777	32,458	10,12	32,475
9,908	32,522	10,76	32,473	10,096	32,488
9,839	32,537	10,768	32,488	10,131	32,502
9,959	32,551	10,723	32,502	10,071	32,516
9,971	32,564	10,728	32,515	10,093	32,531
9,981	32,577	10,725	32,527	10,115	32,547
9,981	32,59	10,76	32,54	10,062	32,561
9,932	32,603	10,726	32,553	10,075	32,575
10,01	32,616	10,742	32,568	10,124	32,588
10,039	32,631	10,723	32,583	10,077	32,601
9,972	32,646	10,713	32,598	10,098	32,614
10,039	32,661	10,76	32,613	10,12	32,627
9,974	32,676	10,829	32,627	10,11	32,64
10,013	32,689	10,789	32,64	10,145	32,655
10,01	32,702	10,881	32,653	10,051	32,67
10,011	32,715	10,81	32,666	10,137	32,685
9,924	32,728	10,795	32,679	10,18	32,7
10,008	32,741	10,797	32,692	10,189	32,714
9,952	32,756	10,798	32,707	10,151	32,727
9,934	32,771	10,794	32,722	10,187	32,74
9,967	32,786	10,863	32,737	10,142	32,752
9,98	32,801	10,866	32,752	10,121	32,765
9,955	32,815	10,817	32,766	10,123	32,779
10,021	32,828	10,84	32,779	10,113	32,794
9,956	32,841	10,821	32,791	10,106	32,809
9,96	32,853	10,824	32,804	10,109	32,824
9,944	32,866	10,828	32,817	10,14	32,839
9,927	32,88	10,84	32,831	10,079	32,853
9,96	32,895	10,859	32,846	10,082	32,866
9,971	32,91	10,823	32,862	10,126	32,879

9,994	32,925	10,824	32,877	10,158	32,892
9,938	32,94	10,842	32,891	10,158	32,904
9,996	32,954	10,893	32,904	10,123	32,918
10,005	32,966	10,889	32,917	10,109	32,932
9,946	32,979	10,741	32,929	10,157	32,948
9,984	32,992	10,828	32,942	10,162	32,963
9,957	33,005	10,837	32,956	10,145	32,978
10,056	33,019	10,846	32,971	10,169	32,992
10,06	33,034	10,896	32,986	10,163	33,005
10,054	33,049	10,875	33,002	10,189	33,018
10,12	33,065	10,904	33,016	10,112	33,03
10,043	33,079	10,911	33,03	10,173	33,043
9,961	33,092	10,901	33,042	10,124	33,057
10,119	33,105	10,927	33,055	10,175	33,072
10,059	33,117	10,902	33,068	10,197	33,087
10,097	33,13	10,915	33,081	10,164	33,102
10,119	33,144	10,866	33,096	10,176	33,117
10,109	33,159	10,897	33,111	10,195	33,13
10,135	33,174	10,932	33,126	10,264	33,143
10,158	33,189	10,851	33,141	10,235	33,156
10,157	33,204	10,956	33,155	10,183	33,169
10,182	33,217	10,901	33,168	10,193	33,182
10,127	33,23	10,906	33,181	10,189	33,196
10,123	33,243	10,887	33,193	10,295	33,211
10,092	33,256	10,945	33,206	10,189	33,226
10,085	33,269	10,9	33,22	10,235	33,241
10,163	33,283	10,906	33,235	10,192	33,256
10,19	33,298	10,907	33,25	10,232	33,269
10,123	33,313	10,962	33,265	10,145	33,282
10,089	33,328	10,925	33,28	10,179	33,295
10,116	33,343	10,913	33,293	10,208	33,307
10,094	33,356	10,958	33,306	10,218	33,321
10,11	33,369	10,993	33,319	10,172	33,335
10,08	33,381	10,971	33,332	10,2	33,35
10,151	33,394	10,927	33,345	10,243	33,365
10,156	33,408	10,929	33,359	10,233	33,38
10,149	33,422	10,919	33,374	10,195	33,395
10,172	33,438	10,95	33,389	10,244	33,408
10,177	33,453	10,945	33,404	10,211	33,42
10,166	33,468	10,945	33,419	10,248	33,433
10,191	33,481	10,932	33,432	10,229	33,446
10,167	33,494	10,963	33,445	10,206	33,459
10,22	33,507	10,921	33,457	10,252	33,474
10,144	33,52	10,927	33,47	10,256	33,489
10,221	33,533	10,939	33,484	10,263	33,504
10,217	33,546	10,865	33,498	10,249	33,519

10,214	33,561	10,908	33,513	10,292	33,533
10,242	33,577	10,954	33,529	10,262	33,546
10,206	33,592	10,963	33,544	10,283	33,559
10,208	33,607	11,017	33,558	10,233	33,572
10,189	33,62	11,032	33,57	10,252	33,585
10,23	33,633	11,027	33,583	10,256	33,599
10,183	33,646	11,003	33,596	10,265	33,613
10,205	33,658	10,975	33,609	10,316	33,628
10,224	33,671	10,997	33,623	10,296	33,644
10,194	33,685	11,012	33,638	10,299	33,658
10,213	33,7	11,017	33,653	10,295	33,672
10,206	33,716	10,986	33,668	10,315	33,685
10,172	33,731	11,037	33,683	10,27	33,698
10,194	33,746	11,051	33,696	10,281	33,71
10,24	33,759	11,012	33,709	10,377	33,723
10,28	33,772	11,086	33,722	10,313	33,738
10,228	33,784	11,046	33,734	10,271	33,752
10,195	33,797	11,072	33,748	10,365	33,768
10,213	33,81	11,064	33,761	10,398	33,783
10,247	33,824	11,026	33,776	10,375	33,797
10,242	33,84	11,076	33,792	10,394	33,811
10,282	33,855	11,065	33,807	10,348	33,823
10,242	33,87	11,067	33,822	10,35	33,836
10,258	33,884	11,101	33,835	10,43	33,849
10,285	33,897	11,149	33,848	10,374	33,862
10,268	33,91	11,103	33,861	10,363	33,877
10,27	33,923	11,082	33,873	10,378	33,892
10,281	33,935	11,108	33,886	10,399	33,907
10,251	33,949	11,11	33,9	10,356	33,922
10,206	33,963	11,156	33,916	10,364	33,936
10,246	33,979	11,087	33,931	10,363	33,949
10,28	33,994	11,116	33,946	10,402	33,962
10,261	34,009	11,132	33,961	10,311	33,975
10,302	34,023	11,127	33,974	10,339	33,987
10,321	34,036	11,115	33,987	10,348	34,001
10,259	34,049	11,093	33,999	10,44	34,016
10,293	34,062	11,038	34,012	10,433	34,031
10,323	34,074	11,117	34,025	10,37	34,046
10,291	34,088	11,07	34,04	10,456	34,061
10,322	34,103	11,068	34,055	10,398	34,075
10,267	34,118	11,089	34,07	10,464	34,088
10,341	34,133	11,122	34,085	10,42	34,1
10,32	34,148	11,133	34,099	10,505	34,113
10,29	34,162	11,135	34,112	10,476	34,126
10,333	34,175	11,183	34,125	10,447	34,14
10,381	34,187	11,151	34,138	10,525	34,155

10,354	34,2	11,111	34,15	10,44	34,17
10,348	34,213	11,161	34,164	10,45	34,185
10,322	34,227	11,207	34,179	10,485	34,2
10,311	34,242	11,201	34,194	10,449	34,213
10,311	34,257	11,226	34,21	10,425	34,226
10,26	34,272	11,225	34,224	10,464	34,239
10,305	34,287	11,153	34,238	10,49	34,252
10,303	34,3	11,172	34,25	10,489	34,265
10,329	34,313	11,127	34,263	10,509	34,279
10,304	34,326	11,096	34,276	10,479	34,294
10,302	34,338	11,148	34,289	10,427	34,309
10,243	34,352	11,195	34,303	10,423	34,324
10,261	34,366	11,142	34,318	10,397	34,339
10,338	34,381	11,198	34,334	10,468	34,353
10,333	34,397	11,142	34,349	10,44	34,365
10,35	34,412	11,186	34,363	10,446	34,378
10,311	34,426	11,2	34,376	10,459	34,391
10,332	34,439	11,181	34,389	10,455	34,404
10,36	34,451	11,116	34,402	10,495	34,418
10,346	34,464	11,196	34,414	10,455	34,433
10,339	34,477	11,177	34,428	10,474	34,448
10,297	34,491	11,18	34,443	10,52	34,463
10,361	34,505	11,187	34,458	10,55	34,478
10,422	34,521	11,179	34,473	10,52	34,491
10,384	34,536	11,173	34,488	10,524	34,504
10,424	34,551	11,161	34,502	10,521	34,517
10,379	34,564	11,163	34,515	10,504	34,53
10,478	34,577	11,161	34,527	10,509	34,543
10,447	34,59	11,121	34,54	10,495	34,557
10,329	34,603	11,169	34,553	10,492	34,571
10,387	34,616	11,223	34,567	10,557	34,587
10,456	34,63	11,232	34,582	10,609	34,602
10,441	34,645	11,294	34,597	10,59	34,617
10,483	34,66	11,243	34,612	10,62	34,63
10,487	34,675	11,24	34,627	10,626	34,643
10,444	34,69	11,246	34,641	10,617	34,656
10,478	34,703	11,29	34,653	10,56	34,669
10,465	34,716	11,26	34,666	10,57	34,682
10,513	34,729	11,234	34,679	10,607	34,695
10,511	34,741	11,316	34,692	10,548	34,71
10,456	34,755	11,249	34,706	10,611	34,725
10,541	34,769	11,284	34,721	10,626	34,74
10,434	34,784	11,22	34,736	10,601	34,755
10,488	34,799	11,258	34,751	10,618	34,769
10,539	34,814	11,23	34,766	10,581	34,782
10,503	34,828	11,285	34,779	10,613	34,795

10,533	34,842	11,302	34,792	10,487	34,808
10,499	34,854	11,254	34,805	10,561	34,821
10,487	34,867	11,281	34,817	10,558	34,834
10,493	34,88	11,34	34,831	10,503	34,849
10,502	34,893	11,258	34,845	10,552	34,864
10,474	34,908	11,269	34,861	10,564	34,879
10,477	34,923	11,284	34,876	10,655	34,894
10,492	34,938	11,314	34,891	10,615	34,908
10,448	34,953	11,37	34,905	10,616	34,921
10,498	34,967	11,314	34,917	10,587	34,934
10,474	34,98	11,328	34,93	10,578	34,947
10,511	34,993	11,31	34,943	10,585	34,959
10,52	35,006	11,259	34,956	10,55	34,973
10,54	35,018	11,34	34,97	10,547	34,988
10,573	35,032	11,296	34,985	10,611	35,003
10,552	35,047	11,307	35	10,684	35,018
10,585	35,062	11,317	35,015	10,624	35,033
10,584	35,078	11,317	35,03	10,645	35,047
10,602	35,092	11,335	35,043	10,626	35,06
10,487	35,106	11,344	35,056	10,665	35,072
10,597	35,119	11,368	35,069	10,599	35,085
10,577	35,131	11,346	35,081	10,66	35,098
10,534	35,144	11,361	35,095	10,719	35,112
10,541	35,157	11,365	35,109	10,607	35,127
10,524	35,171	11,354	35,124	10,679	35,142
10,538	35,186	11,384	35,14	10,698	35,157
10,513	35,201	11,39	35,155	10,693	35,172
10,582	35,216	11,361	35,168	10,704	35,186
10,565	35,231	11,384	35,181	10,699	35,198
10,595	35,245	11,394	35,194	10,731	35,211
10,668	35,257	11,448	35,207	10,741	35,224
10,569	35,27	11,376	35,22	10,746	35,237
10,654	35,283	11,386	35,233	10,717	35,251
10,63	35,296	11,372	35,248	10,709	35,266
10,574	35,31	11,418	35,264	10,733	35,281
10,57	35,326	11,399	35,279	10,715	35,297
10,562	35,341	11,428	35,294	10,688	35,311
10,634	35,356	11,451	35,307	10,724	35,324
10,581	35,37	11,431	35,32	10,752	35,337
10,618	35,383	11,378	35,332	10,72	35,35
10,65	35,396	11,43	35,345	10,719	35,363
10,601	35,409	11,388	35,358	10,681	35,376
10,613	35,421	11,444	35,373	10,697	35,39
10,581	35,435	11,509	35,388	10,733	35,405
10,651	35,45	11,418	35,403	10,709	35,42
10,641	35,465	11,447	35,418	10,735	35,435

10,621	35,48	11,447	35,432	10,756	35,45
10,681	35,495	11,456	35,445	10,682	35,463
10,695	35,509	11,391	35,458	10,715	35,476
10,669	35,522	11,448	35,471	10,706	35,489
10,72	35,534	11,403	35,484	10,674	35,502
10,615	35,547	11,412	35,497	10,721	35,515
10,681	35,56	11,443	35,512	10,64	35,529
10,622	35,574	11,409	35,527	10,711	35,544
10,632	35,589	11,422	35,542	10,699	35,559
10,614	35,604	11,423	35,557	10,738	35,574
10,661	35,619	11,45	35,571	10,753	35,588
10,619	35,634	11,458	35,584	10,732	35,602
10,662	35,648	11,439	35,596	10,752	35,615
10,652	35,661	11,455	35,609	10,763	35,627
10,605	35,673	11,467	35,622	10,749	35,64
10,582	35,686	11,47	35,636	10,694	35,653
10,617	35,699	11,484	35,651	10,803	35,668
10,633	35,713	11,453	35,666	10,768	35,683
10,682	35,728	11,535	35,682	10,735	35,698
10,714	35,743	11,478	35,697	10,757	35,713
10,749	35,758	11,513	35,71	10,805	35,728
10,7	35,773	11,519	35,722	10,813	35,741
10,76	35,786	11,528	35,735	10,759	35,754
10,747	35,799	11,504	35,748	10,787	35,767
10,723	35,812	11,427	35,761	10,737	35,779
10,74	35,824	11,491	35,775	10,76	35,792
10,729	35,838	11,558	35,791	10,761	35,807
10,727	35,852	11,578	35,806	10,812	35,822
10,771	35,867	11,569	35,821	10,805	35,837
10,678	35,882	11,479	35,835	10,839	35,852
10,688	35,897	11,499	35,848	10,842	35,866
10,776	35,912	11,544	35,861	10,789	35,88
10,699	35,925	11,54	35,874	10,824	35,892
10,734	35,938	11,558	35,886	10,812	35,905
10,741	35,95	11,565	35,9	10,813	35,918
10,731	35,963	11,583	35,915	10,762	35,931
10,763	35,976	11,549	35,93	10,834	35,946
10,702	35,991	11,582	35,945	10,787	35,961
10,755	36,006	11,586	35,96	10,811	35,976
10,788	36,021	11,622	35,974	10,878	35,991
10,806	36,036	11,509	35,987	10,838	36,005
10,75	36,05	11,537	35,999	10,855	36,018
10,741	36,063	11,585	36,012	10,816	36,031
10,732	36,076	11,541	36,025	10,831	36,044
10,771	36,089	11,568	36,039	10,854	36,057
10,709	36,102	11,584	36,054	10,828	36,07

10,758	36,115	11,576	36,069	10,839	36,084
10,668	36,13	11,505	36,085	10,832	36,099
10,761	36,145	11,469	36,099	10,91	36,114
10,79	36,16	11,525	36,112	10,887	36,13
10,758	36,175	11,545	36,125	10,842	36,144
10,761	36,189	11,584	36,138	10,95	36,158
10,833	36,202	11,568	36,151	10,876	36,17
10,828	36,215	11,589	36,163	10,907	36,183
10,791	36,227	11,586	36,178	10,837	36,196
10,786	36,24	11,564	36,193	10,863	36,209
10,811	36,254	11,521	36,208	10,868	36,223
10,833	36,269	11,6	36,224	10,869	36,238
10,772	36,284	11,626	36,238	10,895	36,253
10,841	36,299	11,568	36,251	10,924	36,268
10,817	36,314	11,595	36,264	10,889	36,283
10,777	36,328	11,589	36,277	10,915	36,296
10,799	36,341	11,611	36,289	10,888	36,309
10,782	36,354	11,565	36,303	10,897	36,322
10,798	36,366	11,65	36,317	10,892	36,334
10,874	36,379	11,638	36,332	10,927	36,348
10,881	36,393	11,635	36,348	10,89	36,362
10,875	36,408	11,705	36,363	10,902	36,377
10,887	36,423	11,659	36,377	10,93	36,392
10,89	36,438	11,731	36,39	10,887	36,407
10,874	36,453	11,628	36,402	10,935	36,422
10,876	36,467	11,699	36,415	10,907	36,435
10,872	36,48	11,677	36,428	10,931	36,448
10,87	36,493	11,609	36,441	10,962	36,461
10,86	36,505	11,595	36,456	10,881	36,474
10,871	36,518	11,643	36,472	10,901	36,486
10,912	36,532	11,608	36,487	10,995	36,501
10,932	36,547	11,595	36,502	10,979	36,516
10,911	36,562	11,664	36,515	10,938	36,531
10,931	36,577	11,648	36,528	10,928	36,546
10,899	36,592	11,656	36,541	10,934	36,561
10,918	36,606	11,612	36,554	10,947	36,574
10,913	36,619	11,648	36,566	10,962	36,587
10,898	36,631	11,657	36,58	10,908	36,599
10,98	36,644	11,584	36,595	10,977	36,612
10,896	36,657	11,653	36,611	10,935	36,626
10,941	36,671	11,73	36,626	11,018	36,64
10,927	36,686	11,648	36,641	10,994	36,655
10,953	36,701	11,681	36,654	10,937	36,67
10,903	36,716	11,687	36,667	11	36,685
10,918	36,731	11,642	36,679	11,034	36,699
10,942	36,744	11,699	36,692	11,053	36,713

10,915	36,757	11,656	36,705	10,991	36,725
10,983	36,77	11,661	36,719	10,994	36,738
10,874	36,782	11,635	36,735	10,945	36,751
10,924	36,796	11,66	36,75	10,994	36,764
10,913	36,81	11,685	36,765	10,94	36,779
10,91	36,825	11,719	36,78	10,968	36,794
10,874	36,84	11,697	36,792	11,049	36,809
10,893	36,855	11,673	36,805	10,979	36,824
10,912	36,87	11,693	36,818	10,963	36,838
10,99	36,883	11,685	36,831	11,058	36,851
10,94	36,896	11,655	36,844	11,017	36,865
10,97	36,908	11,708	36,859	11,02	36,877
10,951	36,921	11,694	36,874	11,035	36,89
10,987	36,935	11,733	36,889	11,007	36,903
10,971	36,949	11,774	36,904	10,991	36,918
10,902	36,964	11,696	36,918	11,04	36,933
10,969	36,979	11,773	36,931	11,009	36,948
10,897	36,994	11,79	36,944	11,014	36,963
11,002	37,008	11,726	36,956	11,016	36,977
10,97	37,021	11,709	36,969	11,034	36,99
10,898	37,034	11,782	36,983	11,034	37,003
10,966	37,047	11,706	36,998	11,034	37,016
10,936	37,06	11,765	37,013	10,982	37,029
10,934	37,073	11,812	37,028	10,965	37,042
11,008	37,088	11,756	37,043	11,044	37,056
11,073	37,103	11,742	37,057	11,031	37,072
11,092	37,118	11,789	37,07	11,092	37,087
11,05	37,133	11,779	37,082	11,082	37,102
11,045	37,147	11,781	37,095	11,036	37,116
11,001	37,16	11,707	37,108	11,058	37,129
10,979	37,173	11,776	37,122	11,054	37,142
11,001	37,186	11,755	37,137	11,039	37,155
10,988	37,199	11,778	37,152	11,097	37,168
10,97	37,212	11,775	37,167	11,017	37,181
11,063	37,227	11,817	37,182	11,103	37,195
11,015	37,242	11,794	37,195	11,081	37,21
11,024	37,257	11,786	37,208	11,086	37,225
11,022	37,272	11,82	37,221	11,055	37,24
11,04	37,286	11,831	37,234	11,119	37,255
11	37,299	11,785	37,247	11,086	37,268
10,997	37,312	11,814	37,261	11,063	37,281
11,039	37,324	11,83	37,276	11,104	37,294
11,033	37,337	11,808	37,292	11,117	37,307
11,053	37,351	11,807	37,307	11,079	37,319
11,104	37,366	11,83	37,321	11,071	37,333
11,075	37,381	11,857	37,334	11,104	37,348

11,075	37,397	11,799	37,347	11,105	37,364
11,081	37,411	11,851	37,359	11,107	37,379
11,12	37,425	11,858	37,372	11,093	37,394
11,12	37,437	11,811	37,386	11,17	37,408
11,065	37,45	11,826	37,401	11,122	37,421
11,046	37,463	11,846	37,416	11,115	37,433
11,093	37,476	11,895	37,431	11,093	37,446
11,04	37,491	11,849	37,446	11,086	37,459
11,086	37,506	11,812	37,459	11,11	37,472
11,113	37,521	11,883	37,472	11,107	37,487
11,094	37,536	11,847	37,485	11,193	37,502
11,057	37,55	11,886	37,497	11,124	37,517
11,066	37,564	11,85	37,511	11,144	37,533
11,102	37,576	11,799	37,525	11,189	37,546
11,042	37,589	11,861	37,54	11,152	37,56
11,074	37,602	11,846	37,555	11,184	37,572
11,117	37,615	11,913	37,57	11,224	37,585
11,147	37,629	11,93	37,585	11,139	37,598
11,075	37,644	11,897	37,598	11,18	37,611
11,134	37,659	11,903	37,611	11,154	37,626
11,042	37,675	11,867	37,624	11,208	37,641
11,131	37,689	11,928	37,636	11,218	37,657
11,108	37,702	11,882	37,65	11,155	37,671
11,135	37,715	11,889	37,664	11,198	37,685
11,159	37,727	11,967	37,679	11,162	37,698
11,12	37,74	11,919	37,694	11,141	37,711
11,162	37,754	11,966	37,709	11,203	37,724
11,145	37,769	11,921	37,724	11,164	37,737
11,161	37,784	11,968	37,737	11,181	37,751
11,171	37,799	11,915	37,749	11,165	37,765
11,191	37,814	11,983	37,762	11,224	37,78
11,203	37,828	11,924	37,775	11,234	37,796
11,237	37,84	11,981	37,788	11,238	37,81
11,252	37,853	11,938	37,803	11,292	37,824
11,152	37,866	11,963	37,818	11,239	37,837
11,238	37,879	11,965	37,833	11,25	37,85
11,159	37,893	12,001	37,848	11,256	37,862
11,155	37,908	11,983	37,863	11,213	37,875
11,139	37,923	12,007	37,875	11,173	37,889
11,193	37,938	12,024	37,888	11,271	37,904
11,143	37,952	12,002	37,901	11,268	37,919
11,158	37,967	11,952	37,914	11,273	37,935
11,139	37,979	11,951	37,927	11,32	37,949
11,17	37,992	11,952	37,942	11,225	37,963
11,186	38,005	11,912	37,957	11,295	37,975
11,138	38,018	11,938	37,972	11,32	37,988

11,179	38,032	12,039	37,987	11,231	38,001
11,171	38,046	11,985	38,001	11,316	38,014
11,22	38,062	11,995	38,006	11,246	38,028
11,2	38,077	11,915	38,005	11,28	38,043
11,293	38,092	11,915	38,005	11,269	38,058
11,22	38,105	11,898	38,004	11,346	38,074
11,209	38,118	11,926	37,998	11,312	38,088
11,234	38,131	11,848	37,989	11,31	38,102
11,26	38,143	11,793	37,986	11,389	38,115
11,221	38,156	11,821	37,985	11,386	38,127
11,208	38,17	11,835	37,985	11,316	38,14
11,185	38,185	11,833	37,985	11,369	38,153
11,281	38,201	11,83	37,985	11,316	38,166
11,254	38,216	11,797	37,986	11,352	38,181
11,208	38,23	11,853	37,987	11,3	38,197
11,281	38,244	11,924	37,992	11,378	38,212
11,301	38,257	11,923	37,998	11,272	38,227
11,262	38,27	11,904	37,998	11,341	38,241
11,235	38,282	11,856	37,998	11,346	38,254
11,229	38,295	11,855	37,997	11,352	38,267
11,215	38,309	11,891	37,997	11,374	38,279
11,279	38,324	11,821	37,996	11,3	38,292
11,311	38,339	11,757	37,991	11,366	38,306
11,339	38,354	11,718	37,988	11,338	38,32
11,331	38,369	11,718	37,987	11,334	38,336
11,373	38,383	11,772	37,987	11,344	38,351
11,331	38,396	11,778	37,987	11,376	38,366
11,337	38,409	11,79	37,987	11,356	38,38
11,28	38,421	11,779	37,987	11,334	38,393
11,303	38,434	11,883	37,988	11,353	38,405
11,361	38,448	11,836	37,988	11,355	38,418
11,333	38,463	11,852	37,99	11,321	38,431
11,414	38,478	11,894	37,995	11,324	38,445
11,277	38,494	11,847	37,997	11,39	38,459
11,37	38,508	11,936	37,997	11,338	38,474
11,335	38,522	11,912	37,997	11,339	38,49
11,346	38,534	11,88	37,997	11,346	38,505
11,349	38,547	11,915	37,997	11,341	38,518
11,372	38,56	11,865	37,994	11,38	38,531
11,377	38,573	11,866	37,99	11,385	38,544
11,342	38,587	11,761	37,988	11,419	38,557
11,377	38,602	11,732	37,987	11,411	38,57
11,353	38,617	11,708	37,987	11,409	38,584
11,344	38,633	11,791	37,987	11,507	38,599
11,385	38,647	11,805	37,987	11,495	38,614
11,418	38,66	11,748	37,987	11,459	38,629

11,395	38,673	11,775	37,988	11,502	38,643
11,338	38,686	11,772	37,988	11,464	38,657
11,347	38,699	11,787	37,99	11,471	38,67
11,356	38,712	11,861	37,996	11,418	38,683
11,389	38,726	11,861	37,998	11,406	38,696
11,408	38,741	11,867	37,998	11,435	38,709
11,417	38,756	11,818	37,997	11,378	38,722
11,399	38,772	11,823	37,997	11,389	38,737
11,423	38,786	11,801	37,997	11,396	38,752
11,412	38,8	11,86	37,994	11,397	38,767
11,374	38,812	11,756	37,99	11,388	38,782
11,432	38,825	11,754	37,988	11,4	38,796
11,43	38,838	11,691	37,987	11,381	38,809
11,369	38,851	11,793	37,987	11,421	38,822
11,394	38,865	11,733	37,987	11,436	38,834
11,436	38,88	11,781	37,987	11,44	38,847
11,443	38,895	11,798	37,987	11,402	38,861
11,469	38,91	11,794	37,988	11,436	38,876
11,447	38,925	11,796	37,989	11,499	38,891
11,451	38,938	11,846	37,991	11,412	38,906
11,434	38,951	11,776	37,996	11,491	38,921
11,407	38,964	11,838	37,997	11,469	38,935
11,456	38,977	11,771	37,997	11,446	38,948
11,482	38,99	11,762	37,997	11,461	38,961
11,417	39,004	11,768	37,997	11,462	38,973
11,422	39,019	11,752	37,997	11,486	38,986
11,46	39,034	11,786	37,994	11,451	39
11,471	39,049	11,763	37,99	11,468	39,015
11,464	39,064	11,756	37,988	11,449	39,03
11,454	39,077	11,706	37,987	11,552	39,045
11,462	39,09	11,765	37,987	11,551	39,06
11,471	39,102	11,763	37,987	11,545	39,074
11,412	39,115	11,805	37,987	11,514	39,087
11,457	39,128	11,735	37,987	11,493	39,1
11,453	39,143	11,777	37,988	11,522	39,112
11,427	39,158	11,775	37,988	11,404	39,125
11,456	39,173	11,833	37,991	11,447	39,139
11,507	39,188	11,857	37,996	11,464	39,154
11,488	39,203	11,895	37,997	11,469	39,169
11,506	39,216	11,854	37,997	11,444	39,184
11,555	39,229	11,837	37,997	11,521	39,199
11,489	39,241	11,798	37,997	11,536	39,213
11,464	39,254	11,773	37,997	11,578	39,225
11,454	39,267	11,793	37,994	11,542	39,238
11,467	39,281	11,744	37,99	11,53	39,251
11,466	39,296	11,773	37,988	11,54	39,264

11,526	39,312	11,753	37,987	11,494	39,278
11,541	39,327	11,723	37,987	11,584	39,292
11,516	39,342	11,771	37,987	11,537	39,307
11,549	39,355	11,765	37,987	11,528	39,323
11,558	39,368	11,731	37,987	11,569	39,338
11,483	39,38	11,75	37,988	11,528	39,352
11,511	39,393	11,771	37,988	11,544	39,365
11,579	39,406	11,776	37,991	11,538	39,377
11,484	39,42	11,817	37,996	11,544	39,39
11,497	39,436	11,776	37,997	11,543	39,403
11,532	39,451	11,691	37,997	11,465	39,417
11,557	39,466	11,76	37,997	11,534	39,431
11,561	39,48	11,7	37,997	11,615	39,446
11,618	39,493	11,746	37,997	11,595	39,461
11,601	39,506	11,747	37,993	11,622	39,476
11,582	39,519	11,687	37,99	11,58	39,49
11,515	39,531	11,736	37,988	11,615	39,504
11,57	39,545	11,66	37,987	11,571	39,517
11,583	39,56	11,656	37,987	11,59	39,529
11,664	39,575	11,67	37,987	11,525	39,542
11,623	39,59	11,686	37,987	11,55	39,555
11,675	39,605	11,729	37,987	11,605	39,57
11,706	39,619	11,699	37,988	11,617	39,585
11,638	39,632	11,752	37,989	11,628	39,6
11,635	39,645	11,841	37,991	11,582	39,615
11,625	39,658	11,84	37,996	11,599	39,629
11,637	39,67	11,81	37,997	11,64	39,643
11,578	39,684	11,841	37,997	11,597	39,656
11,593	39,698	11,839	37,997	11,594	39,668
11,683	39,713	11,782	37,997	11,576	39,681
11,608	39,729	11,815	37,997	11,559	39,694
11,648	39,744	11,769	37,994	11,635	39,708
11,634	39,758	11,723	37,99	11,605	39,723
11,674	39,771	11,732	37,988	11,592	39,739
11,595	39,784	11,676	37,987	11,61	39,754
11,642	39,796	11,738	37,987	11,73	39,768
11,618	39,809	11,633	37,987	11,622	39,782
11,633	39,823	11,69	37,987	11,664	39,795
11,616	39,837	11,664	37,987	11,668	39,807
11,695	39,852	11,657	37,988	11,706	39,82
11,651	39,868	11,767	37,988	11,716	39,833
11,682	39,882	11,791	37,991	11,72	39,847
11,69	39,897	11,768	37,996	11,661	39,862
11,657	39,91	11,741	37,997	11,693	39,877
11,692	39,923	11,745	37,997	11,718	39,892
11,697	39,935	11,679	37,997	11,709	39,907

11,668	39,948	11,751	37,997	11,658	39,921
11,689	39,961	11,695	37,997	11,664	39,934
11,804	39,976	11,661	37,994	11,646	39,947
11,769	39,991	11,654	37,99	11,683	39,959
11,751	40,006	11,66	37,988	11,607	39,972
11,805	40,021	11,59	37,988	11,63	39,986
11,812	40,036	11,653	37,987	11,658	40,001
11,762	40,049	11,568	37,987	11,708	40,016
11,766	40,062	11,637	37,987	11,674	40,031
11,816	40,074	11,654	37,987	11,612	40,046
11,822	40,087	11,627	37,988	11,668	40,06
11,78	40,1	11,723	37,989	11,651	40,073
11,774	40,115	11,751	37,991	11,686	40,085
11,746	40,13	11,758	37,996	11,666	40,098
11,835	40,145	11,788	37,997	11,683	40,111
11,757	40,16	11,777	37,997	11,674	40,125
11,757	40,175	11,81	37,997	11,693	40,139
11,838	40,187	11,746	37,997	11,742	40,154
11,75	40,2	11,767	37,997	11,733	40,17
11,781	40,213	11,678	37,994	11,741	40,185
11,749	40,226	11,666	37,99	11,805	40,199
11,77	40,239	11,73	37,988	11,769	40,212
11,773	40,254	11,688	37,988	11,731	40,225
11,818	40,269	11,701	37,987	11,77	40,237
11,798	40,284	11,705	37,987	11,727	40,25
11,868	40,299	11,676	37,987	11,729	40,264
11,863	40,313	11,694	37,987	11,688	40,278
11,88	40,327	11,675	37,988	11,798	40,293
11,876	40,339	11,692	37,988	11,742	40,308
11,879	40,352	11,734	37,99	11,772	40,323
11,883	40,364	11,745	37,995	11,768	40,338
11,874	40,378	11,767	37,997	11,804	40,351
11,877	40,393	11,787	37,997	11,9	40,364
11,883	40,408	11,758	37,997	11,791	40,377
11,875	40,423	11,705	37,997	11,798	40,389
11,875	40,438	11,691	37,997	11,74	40,402
11,911	40,452	11,63	37,994	11,747	40,416
11,916	40,465	11,661	37,991	11,815	40,431
11,914	40,478	11,601	37,988	11,785	40,447
11,881	40,491	11,552	37,988	11,825	40,462
11,858	40,503	11,591	37,988	11,808	40,476
11,831	40,517	11,645	37,987	11,82	40,49
11,883	40,532	11,611	37,987	11,788	40,503
11,906	40,547	11,664	37,988	11,748	40,516
11,916	40,562	11,69	37,988	11,859	40,528
11,956	40,577	11,754	37,988	11,788	40,541

11,936	40,591	11,771	37,989	11,849	40,555
11,929	40,604	11,759	37,994	11,8	40,57
11,948	40,617	11,752	37,997	11,876	40,586
11,898	40,629	11,815	37,997	11,854	40,601
11,857	40,642	11,787	37,997	11,865	40,615
11,905	40,656	11,738	37,997	11,819	40,629
11,868	40,67	11,744	37,997	11,83	40,642
11,836	40,686	11,733	37,995	11,83	40,654
11,906	40,701	11,709	37,991	11,832	40,667
11,885	40,716	11,667	37,989	11,845	40,68
11,875	40,73	11,687	37,988	11,891	40,694
11,929	40,743	11,647	37,988	11,841	40,709
11,925	40,756	11,708	37,987	11,897	40,724
11,886	40,768	11,712	37,987	11,908	40,74
11,873	40,781	11,718	37,988	11,875	40,754
11,852	40,795	11,721	37,988	11,916	40,768
11,887	40,809	11,715	37,988	11,93	40,78
11,863	40,824	11,698	37,989	11,918	40,793
11,96	40,84	11,736	37,994	11,896	40,806
11,975	40,855	11,762	37,997	11,926	40,819
11,944	40,869	11,781	37,997	11,89	40,834
11,925	40,882	11,735	37,997	11,908	40,848
11,931	40,895	11,713	37,997	11,958	40,863
11,911	40,907	11,705	37,997	11,909	40,878
11,951	40,92	11,691	37,995	11,939	40,893
11,955	40,933	11,699	37,992	11,958	40,906
11,939	40,948	11,617	37,989	11,881	40,919
11,947	40,963	11,614	37,988	11,928	40,932
11,969	40,978	11,739	37,988	11,921	40,945
11,971	40,994	11,623	37,987	11,916	40,958
12,012	41,008	11,695	37,987	11,93	40,972
12,034	41,021	11,67	37,987	11,892	40,987
11,973	41,033	11,664	37,988	11,913	41,002
12,012	41,046	11,641	37,988	11,977	41,017
11,993	41,059	11,699	37,989	11,994	41,032
11,99	41,072	11,694	37,993	11,931	41,045
12,069	41,087	11,75	37,997	11,955	41,058
11,995	41,102	11,685	37,997	11,985	41,071
12,067	41,117	11,79	37,997	11,961	41,083
12,048	41,132	11,687	37,997	11,94	41,096
11,982	41,147	11,744	37,997	11,952	41,111
12,033	41,157	11,701	37,995	11,982	41,126
12,021	41,159	11,635	37,992	11,972	41,141
11,932	41,159	11,581	37,989	11,972	41,156
11,973	41,158	11,601	37,988	11,973	41,171
11,901	41,156	11,616	37,988	12,035	41,184

11,833	41,15	11,615	37,987	12,01	41,197
11,852	41,143	11,601	37,987	11,991	41,21
11,846	41,14	11,647	37,988	11,999	41,223
11,827	41,14	11,599	37,988	11,977	41,236
11,835	41,14	11,643	37,988	11,981	41,25
11,89	41,14	11,604	37,989	11,984	41,264
11,834	41,14	11,72	37,992	11,988	41,28
11,894	41,141	11,72	37,996	12,011	41,295
11,964	41,144	11,702	37,997	12,079	41,31
11,949	41,149	11,715	37,997	12,009	41,323
11,955	41,152	11,668	37,997	12,044	41,336
11,928	41,152	11,715	37,997	12,056	41,349
11,902	41,152	11,693	37,996	12,007	41,362
11,933	41,151	11,663	37,994	12,015	41,367
11,906	41,15	11,587	37,99	11,977	41,368
11,829	41,148	11,609	37,988	11,992	41,368
11,836	41,144	11,68	37,988	11,952	41,368
11,89	41,142	11,669	37,988	11,945	41,366
11,807	41,141	11,608	37,987	11,942	41,36
11,829	41,141	11,688	37,987	11,899	41,353
11,801	41,141	11,703	37,988	11,905	41,351
11,876	41,141	11,741	37,988	11,868	41,35
11,867	41,142	11,732	37,989	11,854	41,35
11,893	41,142	11,689	37,991	11,93	41,35
11,963	41,146	11,752	37,996	11,927	41,35
11,976	41,151	11,728	37,997	11,931	41,351
11,906	41,152	11,741	37,997	11,906	41,351
11,915	41,152	11,712	37,997	11,979	41,353
11,906	41,152	11,677	37,997	11,988	41,36
11,905	41,151	11,602	37,997	11,977	41,363
11,911	41,15	11,648	37,994	11,943	41,363
11,788	41,147	11,6	37,99	11,919	41,363
11,832	41,143	11,657	37,988	11,909	41,363
11,806	41,142	11,53	37,988	11,875	41,363
11,814	41,141	11,625	37,987	11,911	41,359
11,84	41,141	11,632	37,987	11,769	41,354
11,857	41,141	11,652	37,987	11,757	41,352
11,848	41,142	11,652	37,988	11,745	41,352
11,884	41,142	11,715	37,988	11,753	41,352
11,947	41,143	11,703	37,988	11,765	41,352
11,963	41,146	11,741	37,99	11,696	41,352
11,951	41,151	11,693	37,995	11,737	41,352
11,992	41,152	11,739	37,997	11,802	41,352
11,941	41,152	11,703	37,997	11,752	41,352
11,912	41,151	11,722	37,997	11,726	41,356
11,9	41,15	11,715	37,997	11,802	41,361

11,842	41,15	11,7	37,997	11,793	41,363
11,794	41,146	11,62	37,995	11,735	41,363
11,78	41,142	11,573	37,991	11,731	41,363
11,761	41,142	11,507	37,988	11,71	41,362
11,728	41,142	11,479	37,988	11,673	41,361
11,769	41,141	11,503	37,987	11,706	41,358
11,772	41,141	11,569	37,987	11,648	41,354
11,778	41,142	11,55	37,987	11,627	41,352
11,845	41,142	11,543	37,987	11,668	41,352
11,791	41,144	11,59	37,988	11,737	41,352
11,898	41,147	11,628	37,988	11,704	41,352
11,844	41,151	11,629	37,989	11,749	41,352
11,901	41,152	11,628	37,994	11,67	41,352
11,838	41,152	11,596	37,997	11,671	41,352
11,782	41,151	11,665	37,997	11,659	41,352
11,793	41,15	11,609	37,997	11,704	41,353
11,773	41,149	11,604	37,997	11,722	41,357
11,726	41,146	11,615	37,997	11,729	41,361
11,727	41,142	11,596	37,995	11,76	41,363
11,709	41,142	11,602	37,992	11,768	41,363
11,767	41,142	11,54	37,989	11,788	41,362
11,713	41,142	11,548	37,988	11,702	41,362
11,743	41,142	11,539	37,987	11,676	41,361
11,799	41,142	11,544	37,987	11,665	41,357
11,811	41,142	11,554	37,987	11,676	41,354
11,798	41,144	11,545	37,987	11,638	41,352
11,82	41,147	11,623	37,988	11,676	41,352
11,862	41,151	11,661	37,988	11,63	41,352
11,852	41,152	11,676	37,989	11,601	41,352
11,794	41,152	11,679	37,993	11,649	41,352
11,801	41,151	11,659	37,997	11,624	41,352
11,808	41,15	11,689	37,997	11,684	41,352
11,766	41,149	11,628	37,997	11,634	41,353
11,712	41,146	11,671	37,997	11,659	41,354
11,719	41,142	11,651	37,997	11,753	41,359
11,811	41,142	11,587	37,995	11,747	41,363
11,698	41,142	11,582	37,992	11,762	41,363
11,744	41,142	11,576	37,989	11,782	41,363
11,693	41,142	11,595	37,988	11,716	41,362
11,766	41,142	11,612	37,988	11,713	41,362
11,773	41,142	11,531	37,987	11,659	41,36
11,772	41,143	11,557	37,987	11,672	41,356
11,793	41,146	11,61	37,987	11,646	41,353
11,886	41,151	11,569	37,988	11,646	41,352
11,825	41,152	11,572	37,988	11,653	41,352
11,853	41,152	11,669	37,989	11,746	41,352

11,848	41,151	11,725	37,992	11,648	41,352
11,756	41,15	11,636	37,997	11,687	41,352
11,737	41,15	11,674	37,997	11,702	41,352
11,717	41,147	11,686	37,997	11,705	41,352
11,707	41,143	11,643	37,997	11,669	41,353
11,673	41,142	11,617	37,997	11,752	41,356
11,658	41,142	11,61	37,996	11,793	41,361
11,708	41,142	11,591	37,993	11,778	41,363
11,724	41,142	11,585	37,99	11,753	41,363
11,722	41,142	11,567	37,988	11,806	41,363
11,83	41,142	11,601	37,988	11,719	41,362
11,72	41,143	11,508	37,987	11,715	41,361
11,78	41,146	11,546	37,987	11,679	41,358
11,873	41,15	11,597	37,987	11,636	41,354
11,831	41,152	11,592	37,988	11,611	41,352
11,74	41,152	11,625	37,988	11,609	41,352
11,78	41,151	11,578	37,989	11,637	41,352
11,783	41,151	11,673	37,991	11,665	41,352
11,735	41,15	11,763	37,996	11,656	41,352
11,672	41,147	11,706	37,997	11,677	41,352
11,726	41,143	11,705	37,997	11,608	41,352
11,729	41,142	11,675	37,997	11,692	41,352
11,673	41,142	11,63	37,997	11,638	41,354
11,684	41,142	11,694	37,997	11,664	41,358
11,666	41,142	11,626	37,994	11,712	41,362
11,673	41,142	11,612	37,99	11,716	41,363
11,743	41,142	11,695	37,988	11,737	41,363
11,76	41,142	11,648	37,988	11,707	41,362
11,743	41,145	11,713	37,987	11,638	41,362
11,822	41,149	11,648	37,987	11,652	41,361
11,858	41,152	11,68	37,987	11,658	41,357
11,823	41,152	11,645	37,988	11,633	41,353
11,75	41,151	11,653	37,988	11,593	41,352
11,852	41,151	11,669	37,989	11,659	41,352
11,755	41,15	11,65	37,99	11,665	41,352
11,767	41,148	11,625	37,995	11,636	41,352
11,707	41,144	11,686	37,997	11,694	41,352
11,733	41,142	11,62	37,997	11,686	41,352
11,765	41,142	11,654	37,997	11,701	41,352
11,704	41,142	11,639	37,997	11,775	41,353
11,708	41,142	11,656	37,997	11,71	41,354
11,708	41,142	11,639	37,994	11,745	41,36
11,743	41,142	11,639	37,991	11,748	41,363
11,731	41,142	11,628	37,989	11,744	41,363
11,729	41,144	11,61	37,988	11,679	41,363
11,797	41,149	11,569	37,988	11,715	41,362

11,765	41,152	11,628	37,988	11,65	41,362
11,727	41,152	11,626	37,988	11,699	41,359
11,741	41,151	11,656	37,988	11,657	41,356
11,795	41,151	11,72	37,988	11,615	41,353
11,698	41,15	11,668	37,989	11,591	41,352
11,748	41,148	11,66	37,989	11,591	41,352
11,668	41,144	11,694	37,994	11,605	41,352
11,682	41,142	11,742	37,997	11,614	41,352
11,673	41,142	11,676	37,997	11,611	41,352
11,634	41,142	11,676	37,997	11,644	41,352
11,726	41,142	11,649	37,997	11,628	41,352
11,767	41,142	11,634	37,997	11,645	41,353
11,71	41,142	11,645	37,995	11,658	41,356
11,736	41,142	11,592	37,992	11,71	41,361
11,789	41,144	11,571	37,989	11,746	41,363
11,838	41,148	11,605	37,988	11,719	41,363
11,894	41,151	11,566	37,988	11,745	41,362
11,822	41,152	11,541	37,988	11,706	41,362
11,769	41,151	11,578	37,987	11,681	41,361
11,803	41,151	11,598	37,988	11,615	41,358
11,749	41,15	11,601	37,988	11,593	41,354
11,754	41,149	11,638	37,988	11,576	41,353
11,711	41,146	11,598	37,989	11,673	41,352
11,701	41,142	11,657	37,998	11,628	41,352
11,649	41,142	11,691	38,016	11,597	41,352
11,693	41,142	11,726	38,036	11,674	41,352
11,676	41,142	11,796	38,054	11,623	41,352
11,655	41,142	11,766	38,068	11,653	41,352
11,664	41,142	11,769	38,081	11,673	41,353
11,664	41,142	11,822	38,094	11,642	41,354
11,712	41,143	11,823	38,108	11,651	41,357
11,742	41,146	11,805	38,122	11,641	41,362
11,725	41,151	11,87	38,137	11,722	41,363
11,821	41,152	11,854	38,151	11,694	41,363
11,793	41,151	11,864	38,166	11,699	41,362
11,753	41,151	11,879	38,18	11,693	41,362
11,745	41,15	11,901	38,194	11,645	41,361
11,73	41,15	11,794	38,206	11,631	41,357
11,729	41,147	11,886	38,219	11,63	41,354
11,68	41,143	11,886	38,232	11,592	41,352
11,671	41,142	11,828	38,246	11,588	41,352
11,702	41,142	11,88	38,261	11,631	41,352
11,723	41,142	11,884	38,276	11,679	41,352
11,736	41,142	11,878	38,291	11,631	41,352
11,749	41,142	11,915	38,306	11,659	41,352
11,761	41,142	11,919	38,319	11,576	41,352

11,748	41,143	11,916	38,332	11,685	41,353
11,823	41,145	11,953	38,344	11,656	41,354
11,807	41,149	11,974	38,357	11,698	41,358
11,878	41,151	11,994	38,371	11,658	41,362
11,782	41,151	12,002	38,386	11,734	41,363
11,754	41,151	11,958	38,401	11,668	41,363
11,749	41,15	11,958	38,416	11,675	41,362
11,717	41,15	11,961	38,431	11,689	41,362
11,695	41,148	11,928	38,444	11,595	41,361
11,73	41,144	11,991	38,457	11,562	41,357
11,694	41,142	11,911	38,47	11,612	41,353
11,685	41,142	11,928	38,483	11,58	41,352
11,673	41,142	11,933	38,496	11,614	41,352
11,767	41,142	11,937	38,51	11,593	41,352
11,733	41,142	11,958	38,526	11,62	41,352
11,778	41,142	11,991	38,541	11,619	41,352
11,713	41,142	12,038	38,555	11,666	41,352
11,828	41,144	11,981	38,569	11,624	41,352
11,82	41,148	12,011	38,582	11,594	41,353
11,86	41,151	11,987	38,595	11,647	41,354
11,855	41,152	12,025	38,608	11,68	41,359
11,804	41,151	12,055	38,621	11,697	41,362
11,763	41,151	11,997	38,635	11,678	41,363
11,707	41,15	12,088	38,65	11,665	41,363
11,72	41,149	12,032	38,666	11,704	41,362
11,661	41,146	12,079	38,68	11,65	41,362
11,705	41,142	12,062	38,694	11,667	41,36
11,689	41,142	12,033	38,707	11,587	41,356
11,67	41,142	12,04	38,72	11,625	41,353
11,71	41,142	12,035	38,733	11,516	41,352
11,691	41,142	11,987	38,746	11,572	41,352
11,68	41,142	12,085	38,76	11,551	41,352
11,717	41,142	12,082	38,775	11,586	41,352
11,755	41,143	12,04	38,79	11,583	41,352
11,796	41,146	12,092	38,805	11,601	41,352
11,839	41,151	12,06	38,819	11,574	41,352
11,781	41,152	12,079	38,832	11,643	41,353
11,787	41,152	12,055	38,845	11,66	41,355
11,751	41,151	12,086	38,858	11,649	41,361
11,723	41,15	12,042	38,871	11,695	41,363
11,747	41,15	12,097	38,885	11,687	41,363
11,693	41,147	12,062	38,899	11,658	41,362
11,671	41,143	12,047	38,914	11,646	41,362
11,624	41,142	12,077	38,93	11,629	41,361
11,656	41,142	12,095	38,944	11,651	41,36
11,627	41,142	12,086	38,958	11,598	41,356

11,653	41,142	12,073	38,971	11,646	41,353
11,748	41,142	12,09	38,984	11,581	41,352
11,751	41,142	12,062	38,996	11,607	41,352
11,786	41,142	12,104	39,01	11,607	41,352
11,778	41,145	12,15	39,024	11,597	41,352
11,879	41,149	12,121	39,039	11,655	41,352
11,864	41,152	12,119	39,054	11,595	41,352
11,9	41,152	12,147	39,069	11,626	41,352
11,79	41,151	12,189	39,083	11,633	41,353
11,825	41,151	12,179	39,096	11,688	41,357
11,796	41,15	12,147	39,109	11,693	41,361
11,76	41,148	12,154	39,121	11,715	41,363
11,708	41,144	12,144	39,135	11,694	41,363
11,689	41,142	12,156	39,149	11,656	41,362
11,711	41,142	12,188	39,164	11,69	41,362
11,696	41,142	12,195	39,179	11,654	41,361
11,727	41,142	12,188	39,194	11,651	41,358
11,706	41,142	12,183	39,208	11,588	41,354
11,73	41,142	12,132	39,221	11,555	41,352
11,724	41,142	12,163	39,234	11,562	41,352
11,737	41,144	12,12	39,247	11,551	41,352
11,759	41,148	12,149	39,26	11,511	41,352
11,736	41,151	12,204	39,274	11,6	41,352
11,772	41,151	12,169	39,288	11,559	41,352
11,763	41,151	12,179	39,303	11,589	41,352
11,747	41,151	12,143	39,319	11,604	41,352
11,687	41,15	12,199	39,333	11,538	41,354
11,684	41,149	12,19	39,347	11,589	41,358
11,718	41,146	12,21	39,359	11,661	41,362
11,613	41,142	12,154	39,372	11,601	41,363
11,62	41,142	12,212	39,385	11,601	41,362
11,629	41,142	12,24	39,398	11,605	41,362
11,631	41,142	12,255	39,413	11,628	41,362
11,727	41,142	12,208	39,428	11,628	41,36
11,62	41,142	12,227	39,443	11,603	41,356
11,69	41,142	12,229	39,458	11,596	41,353
11,683	41,143	12,307	39,472	11,618	41,352
11,688	41,146	12,28	39,485	11,574	41,352
11,688	41,15	12,285	39,498	11,599	41,352
11,77	41,151	12,223	39,511	11,561	41,352
11,754	41,151	12,194	39,524	11,594	41,352
11,696	41,151	12,281	39,537	11,629	41,352
11,717	41,15	12,188	39,552	11,722	41,352
11,7	41,15	12,243	39,567	11,698	41,353
11,657	41,147	12,259	39,582	11,684	41,354
11,66	41,144	12,255	39,597	11,741	41,36

11,59	41,142	12,266	39,61	11,66	41,362
11,603	41,142	12,294	39,624	11,691	41,363
11,591	41,142	12,263	39,636	11,695	41,362
11,613	41,142	12,27	39,649	11,688	41,362
11,655	41,142	12,367	39,662	11,658	41,362
11,642	41,142	12,283	39,676	11,619	41,36
11,667	41,142	12,292	39,691	11,605	41,356
11,685	41,144	12,301	39,706	11,544	41,353
11,74	41,149	12,306	39,721	11,519	41,352
11,725	41,151	12,231	39,736	11,518	41,352
11,802	41,151	12,287	39,749	11,603	41,352
11,743	41,151	12,289	39,761	11,522	41,352
11,672	41,151	12,29	39,774	11,58	41,352
11,666	41,15	12,252	39,788	11,618	41,352
11,659	41,148	12,244	39,801	11,597	41,352
11,646	41,145	12,268	39,816	11,58	41,353
11,569	41,142	12,288	39,831	11,628	41,355
11,589	41,142	12,265	39,846	11,65	41,361
11,516	41,142	12,304	39,861	11,65	41,362
11,563	41,142	12,346	39,874	11,653	41,363
11,606	41,142	12,282	39,887	11,606	41,362
11,566	41,142	12,339	39,9	11,638	41,362
11,6	41,142	12,287	39,913	11,604	41,361
11,672	41,144	12,282	39,926	11,586	41,359
11,562	41,147	12,277	39,941	11,588	41,356
11,617	41,151	12,301	39,956	11,539	41,353
11,695	41,151	12,358	39,971	11,572	41,352
11,668	41,151	12,33	39,985	11,554	41,352
11,629	41,151	12,321	39,999	11,548	41,352
11,614	41,15	12,36	40,012	11,551	41,352
11,577	41,149	12,345	40,025	11,595	41,352
11,582	41,146	12,305	40,038	11,586	41,352
11,545	41,143	12,319	40,051	11,68	41,352
11,596	41,142	12,309	40,065	11,675	41,353
11,576	41,142	12,329	40,08	11,684	41,356
11,588	41,142	12,325	40,095	11,734	41,361
11,527	41,142	12,282	40,11	11,738	41,363
11,593	41,142	12,352	40,125	11,721	41,363
11,644	41,142	12,343	40,138	11,677	41,362
11,625	41,143	12,308	40,151	11,68	41,362
11,659	41,146	12,342	40,164	11,638	41,361
11,726	41,15	12,315	40,177	11,61	41,358
11,729	41,151	12,346	40,19	11,579	41,354
11,694	41,151	12,369	40,204	11,574	41,353
11,692	41,151	12,378	40,219	11,487	41,352
11,661	41,15	12,375	40,234	11,529	41,352

11,612	41,15	12,387	40,249	11,521	41,352
11,618	41,147	12,391	40,263	11,491	41,352
11,51	41,144	12,411	40,276	11,546	41,352
11,537	41,142	12,419	40,289	11,532	41,352
11,568	41,142	12,451	40,302	11,523	41,352
11,592	41,142	12,419	40,315	11,507	41,354
11,598	41,142	12,493	40,329	11,593	41,357
11,641	41,142	12,447	40,344	11,616	41,361
11,647	41,142	12,45	40,359	11,563	41,363
11,606	41,142	12,482	40,374	11,647	41,362
11,66	41,144	12,507	40,388	11,582	41,362
11,724	41,149	12,424	40,402	11,623	41,362
11,762	41,151	12,43	40,414	11,573	41,361
11,723	41,151	12,419	40,428	11,561	41,357
11,67	41,151	12,42	40,441	11,538	41,354
11,685	41,15	12,428	40,454	11,523	41,353
11,639	41,15	12,412	40,468	11,453	41,352
11,635	41,148	12,448	40,483	11,523	41,352
11,61	41,146	12,485	40,498	11,479	41,352
11,645	41,142	12,425	40,513	11,572	41,352
11,611	41,142	12,454	40,527	11,539	41,352
11,653	41,142	12,475	40,54	11,582	41,352
11,653	41,142	12,477	40,553	11,604	41,353
11,648	41,142	12,514	40,566	11,612	41,354
11,628	41,142	12,419	40,579	11,576	41,358
11,648	41,142	12,455	40,593	11,558	41,362
11,627	41,143	12,459	40,608	11,602	41,362
11,672	41,146	12,511	40,623	11,628	41,362
11,718	41,151	12,483	40,638	11,585	41,362
11,734	41,152	12,48	40,652	11,564	41,362
11,746	41,151	12,52	40,665	11,568	41,361
11,661	41,151	12,481	40,679	11,503	41,357
11,651	41,15	12,52	40,691	11,517	41,353
11,624	41,15	12,521	40,704	11,497	41,353
11,541	41,147	12,549	40,718	11,472	41,352
11,532	41,143	12,546	40,732	11,494	41,352
11,521	41,142	12,568	40,747	11,542	41,352
11,61	41,142	12,519	40,763	11,511	41,352
11,538	41,142	12,547	40,777	11,592	41,352
11,58	41,142	12,52	40,791	11,569	41,352
11,527	41,142	12,509	40,804	11,599	41,353
11,551	41,142	12,528	40,817	11,545	41,354
11,592	41,142	12,601	40,83	11,626	41,358
11,63	41,145	12,552	40,843	11,615	41,362
11,626	41,149	12,551	40,856	11,684	41,362
11,738	41,151	12,553	40,871	11,595	41,362

11,678	41,151	12,542	40,886	11,617	41,362
11,604	41,151	12,575	40,902	11,62	41,361
11,689	41,151	12,571	40,916	11,662	41,36
11,661	41,15	12,53	40,93	11,594	41,357
11,625	41,148	12,517	40,942	11,556	41,353
11,626	41,145	12,594	40,956	11,551	41,352
11,585	41,142	12,593	40,968	11,541	41,352
11,569	41,142	12,603	40,981	11,562	41,352
11,621	41,142	12,581	40,995	11,547	41,352
11,572	41,142	12,561	41,01	11,575	41,352
11,674	41,142	12,602	41,026	11,593	41,352
11,606	41,142	12,586	41,041	11,648	41,352
11,668	41,142	12,552	41,055	11,601	41,353
11,695	41,144	12,544	41,068	11,608	41,354
11,696	41,147	12,599	41,081	11,705	41,359
11,73	41,151	12,57	41,094	11,671	41,362
11,733	41,152	12,564	41,107	11,691	41,362
11,722	41,158	12,617	41,12	11,662	41,362
11,75	41,174	12,575	41,135	11,616	41,362
11,775	41,193	12,572	41,15	11,639	41,361
11,808	41,212	12,612	41,165	11,63	41,36
11,78	41,229	12,659	41,18	11,527	41,356
11,785	41,242	12,573	41,193	11,525	41,353
11,831	41,255	12,645	41,206	11,539	41,352
11,798	41,268	12,665	41,219	11,506	41,352
11,871	41,281	12,588	41,232	11,531	41,352
11,801	41,296	12,63	41,245	11,519	41,352
11,882	41,311	12,654	41,259	11,54	41,352
11,858	41,325	12,664	41,274	11,529	41,352
11,874	41,34	12,612	41,289	11,591	41,352
11,913	41,354	12,634	41,304	11,538	41,353
11,89	41,367	12,654	41,319	11,575	41,355
11,874	41,38	12,643	41,332	11,617	41,36
11,896	41,392	12,698	41,345	11,611	41,362
11,942	41,406	12,69	41,358	11,564	41,362
11,961	41,42	12,775	41,371	11,596	41,369
11,918	41,435	12,656	41,384	11,623	41,385
11,976	41,45	12,681	41,399	11,651	41,404
11,916	41,465	12,671	41,414	11,75	41,423
12,045	41,479	12,717	41,429	11,809	41,439
11,899	41,492	12,732	41,444	11,768	41,453
11,951	41,505	12,696	41,457	11,76	41,467
11,913	41,518	12,694	41,47	11,85	41,48
11,992	41,531	12,725	41,483	11,811	41,493
11,939	41,545	12,76	41,496	11,798	41,507
11,99	41,559	12,754	41,509	11,803	41,521

11,928	41,574	12,686	41,523	11,892	41,535
12,005	41,589	12,675	41,538	11,782	41,549
12,004	41,604	12,741	41,553	11,89	41,564
11,997	41,617	12,713	41,568	11,828	41,578
12,028	41,631	12,7	41,582	11,869	41,592
12,038	41,644	12,725	41,596	11,883	41,606
12,011	41,656	12,701	41,609	11,904	41,619
12,008	41,67	12,672	41,621	11,823	41,632
12,062	41,684	12,72	41,634	11,895	41,645
12,075	41,699	12,694	41,648	11,866	41,658
12,091	41,714	12,69	41,663	11,856	41,673
12,046	41,729	12,794	41,678	11,914	41,688
12,026	41,743	12,78	41,693	11,821	41,703
12,035	41,756	12,817	41,707	11,829	41,718
11,981	41,769	12,827	41,721	11,876	41,732
12,029	41,782	12,786	41,734	11,812	41,745
12,07	41,795	12,814	41,747	11,827	41,757
11,999	41,808	12,788	41,76	11,912	41,77
12,082	41,823	12,806	41,773	11,879	41,783
12,128	41,838	12,791	41,787	11,965	41,798
12,119	41,853	12,775	41,802	11,905	41,813
12,123	41,868	12,828	41,817	11,905	41,828
12,101	41,882	12,822	41,832	11,907	41,843
12,098	41,894	12,813	41,846	11,968	41,857
12,104	41,907	12,814	41,859	11,963	41,87
12,07	41,92	12,772	41,872	11,985	41,883
12,057	41,933	12,705	41,885	11,998	41,896
12,08	41,948	12,816	41,898	11,956	41,909
12,112	41,963	12,712	41,912	11,974	41,922
12,13	41,978	12,724	41,927	11,991	41,937
12,116	41,993	12,763	41,942	12,018	41,952
12,11	42,007	12,769	41,957	11,974	41,967
12,137	42,02	12,759	41,971	12,007	41,982
12,155	42,032	12,738	41,985	11,99	41,995
12,148	42,045	12,789	41,998	12,034	42,008
12,188	42,058	12,747	42,011	11,985	42,021
12,139	42,072	12,79	42,023	12,024	42,034
12,144	42,087	12,791	42,037	11,968	42,048
12,211	42,102	12,795	42,051	12,003	42,062
12,161	42,117	12,776	42,066	12,009	42,077
12,205	42,132	12,769	42,081	11,964	42,092
12,14	42,145	12,834	42,096	11,975	42,107
12,182	42,158	12,827	42,11	12,051	42,121
12,179	42,171	12,785	42,123	12,017	42,134
12,142	42,184	12,79	42,136	12,041	42,147
12,141	42,197	12,808	42,149	12,09	42,159

12,172	42,211	12,858	42,162	12,031	42,172
12,152	42,226	12,822	42,176	12,037	42,186
12,183	42,241	12,887	42,191	12,102	42,201
12,17	42,256	12,85	42,206	12,059	42,216
12,175	42,271	12,871	42,221	12,049	42,231
12,144	42,284	12,877	42,235	12,071	42,246
12,18	42,297	12,783	42,248	12,122	42,26
12,184	42,309	12,85	42,261	12,084	42,272
12,212	42,323	12,921	42,274	12,034	42,285
12,193	42,336	12,834	42,287	12,035	42,298
12,173	42,35	12,837	42,301	12,062	42,311
12,18	42,365	12,898	42,315	12,08	42,325
12,225	42,381	12,885	42,33	12,098	42,34
12,217	42,395	12,895	42,345	12,06	42,356
12,303	42,409	12,947	42,36	12,124	42,37
12,247	42,422	12,952	42,374	12,147	42,385
12,235	42,435	12,941	42,387	12,141	42,398
12,267	42,448	12,916	42,4	12,136	42,411
12,261	42,461	12,878	42,413	12,105	42,424
12,228	42,475	12,946	42,425	12,025	42,436
12,278	42,49	12,915	42,44	12,045	42,45
12,248	42,505	12,862	42,455	12,089	42,465
12,251	42,52	12,961	42,47	12,12	42,48
12,273	42,535	12,956	42,485	12,105	42,495
12,326	42,548	12,949	42,499	12,119	42,509
12,293	42,561	12,947	42,512	12,115	42,523
12,258	42,574	12,977	42,525	12,122	42,536
12,24	42,587	12,962	42,538	12,147	42,549
12,311	42,6	13,009	42,551	12,142	42,562
12,296	42,614	12,976	42,565	12,118	42,575
12,271	42,629	12,961	42,579	12,083	42,589
12,335	42,644	13,02	42,594	12,18	42,604
12,292	42,659	12,962	42,609	12,117	42,619
12,366	42,673	13,027	42,624	12,105	42,634
12,323	42,687	12,978	42,638	12,202	42,648
12,286	42,699	12,993	42,651	12,192	42,662
12,299	42,712	12,929	42,663	12,203	42,674
12,326	42,725	12,989	42,676	12,143	42,687
12,312	42,739	12,956	42,689	12,123	42,7
12,31	42,753	13,006	42,704	12,192	42,714
12,323	42,768	13,045	42,718	12,21	42,728
12,316	42,784	13,043	42,734	12,251	42,743
12,387	42,798	13,088	42,749	12,238	42,759
12,352	42,812	12,998	42,763	12,238	42,773
12,37	42,825	13,025	42,776	12,231	42,787
12,336	42,838	13	42,789	12,208	42,8

12,338	42,851	13,007	42,802	12,207	42,813
12,323	42,864	13,015	42,815	12,147	42,826
12,371	42,878	13,039	42,828	12,15	42,839
12,324	42,892	13,044	42,843	12,157	42,853
12,286	42,908	12,988	42,858	12,214	42,868
12,319	42,923	13,047	42,873	12,206	42,883
12,345	42,937	13,139	42,887	12,263	42,898
12,376	42,951	12,983	42,902	12,186	42,912
12,338	42,964	12,967	42,915	12,236	42,926
12,348	42,976	13,006	42,927	12,178	42,939
12,363	42,989	13,03	42,941	12,185	42,952
12,398	43,003	13,072	42,953	12,126	42,964
12,357	43,017	13,07	42,967	12,2	42,978
12,385	43,032	13,041	42,982	12,205	42,992
12,372	43,047	13,014	42,997	12,211	43,006
12,424	43,062	12,985	43,012	12,224	43,021
12,388	43,076	13,064	43,027	12,258	43,037
12,335	43,089	13,027	43,04	12,206	43,051
12,344	43,102	12,99	43,053	12,241	43,065
12,406	43,115	13,05	43,066	12,192	43,077
12,382	43,128	12,998	43,079	12,249	43,09
12,397	43,141	12,996	43,092	12,256	43,103
12,426	43,156	13,059	43,106	12,248	43,116
12,425	43,171	13,072	43,121	12,325	43,131
12,465	43,186	13,089	43,136	12,222	43,146
12,451	43,201	13,109	43,151	12,26	43,161
12,447	43,215	13,09	43,165	12,269	43,176
12,445	43,227	13,106	43,179	12,306	43,19
12,486	43,24	13,07	43,191	12,31	43,203
12,47	43,253	13,067	43,204	12,314	43,216
12,473	43,266	13,139	43,217	12,29	43,229
12,451	43,28	13,12	43,231	12,271	43,242
12,469	43,295	13,13	43,245	12,27	43,255
12,513	43,311	13,104	43,261	12,266	43,27
12,478	43,326	13,111	43,276	12,266	43,285
12,511	43,34	13,095	43,291	12,253	43,3
12,532	43,353	13,149	43,304	12,263	43,314
12,518	43,366	13,2	43,317	12,253	43,329
12,476	43,379	13,146	43,33	12,245	43,342
12,49	43,392	13,137	43,343	12,27	43,355
12,521	43,405	13,142	43,356	12,26	43,368
12,488	43,42	13,114	43,37	12,232	43,381
12,495	43,435	13,131	43,385	12,301	43,394
12,502	43,45	13,166	43,4	12,294	43,409
12,547	43,465	13,145	43,415	12,305	43,424
12,471	43,479	13,12	43,429	12,368	43,439

12,502	43,492	13,1	43,442	12,333	43,454
12,452	43,504	13,147	43,455	12,306	43,467
12,464	43,517	13,095	43,468	12,338	43,481
12,489	43,53	13,118	43,481	12,329	43,494
12,519	43,544	13,12	43,495	12,329	43,506
12,528	43,559	13,07	43,509	12,324	43,519
12,526	43,574	13,087	43,524	12,428	43,533
12,523	43,589	13,104	43,539	12,369	43,548
12,566	43,604	13,04	43,554	12,366	43,563
12,503	43,617	13,099	43,568	12,417	43,578
12,538	43,63	13,077	43,581	12,384	43,592
12,553	43,643	13,163	43,594	12,375	43,606
12,598	43,656	13,129	43,607	12,357	43,62
12,486	43,669	13,115	43,62	12,34	43,632
12,527	43,683	13,173	43,634	12,388	43,645
12,586	43,698	13,205	43,648	12,298	43,658
12,601	43,713	13,179	43,664	12,332	43,672
12,547	43,729	13,172	43,679	12,432	43,687
12,579	43,742	13,23	43,693	12,403	43,702
12,571	43,756	13,243	43,706	12,406	43,717
12,561	43,769	13,223	43,719	12,384	43,732
12,561	43,781	13,223	43,732	12,4	43,745
12,577	43,794	13,166	43,745	12,359	43,758
12,544	43,808	13,166	43,758	12,433	43,771
12,67	43,823	13,191	43,773	12,374	43,784
12,595	43,838	13,234	43,788	12,352	43,797
12,644	43,853	13,228	43,803	12,392	43,811
12,631	43,867	13,256	43,818	12,401	43,826
12,648	43,881	13,263	43,832	12,436	43,841
12,623	43,894	13,231	43,845	12,467	43,856
12,68	43,907	13,182	43,858	12,419	43,87
12,648	43,92	13,181	43,871	12,439	43,884
12,612	43,933	13,207	43,884	12,459	43,897
12,638	43,947	13,158	43,898	12,42	43,909
12,685	43,962	13,19	43,913	12,433	43,923
12,685	43,977	13,253	43,928	12,404	43,936
12,675	43,992	13,201	43,943	12,438	43,95
12,672	44,007	13,23	43,957	12,443	43,965
12,639	44,02	13,185	43,97	12,431	43,98
12,651	44,032	13,253	43,983	12,462	43,995
12,648	44,045	13,192	43,996	12,486	44,009
12,655	44,058	13,196	44,009	12,497	44,022
12,698	44,072	13,16	44,022	12,547	44,035
12,622	44,086	13,196	44,037	12,532	44,048
12,671	44,101	13,218	44,052	12,414	44,061
12,65	44,116	13,208	44,067	12,469	44,075

12,723	44,131	13,244	44,082	12,473	44,089
12,679	44,145	13,257	44,096	12,428	44,104
12,745	44,158	13,289	44,109	12,463	44,119
12,736	44,171	13,277	44,122	12,455	44,134
12,69	44,184	13,33	44,134	12,525	44,148
12,636	44,197	13,346	44,148	12,464	44,161
12,664	44,211	13,364	44,161	12,544	44,174
12,674	44,225	13,314	44,176	12,494	44,186
12,664	44,241	13,341	44,191	12,463	44,2
12,688	44,256	13,378	44,206	12,49	44,213
12,716	44,27	13,319	44,221	12,489	44,228
12,732	44,284	13,319	44,234	12,573	44,243
12,766	44,297	13,324	44,247	12,492	44,258
12,76	44,309	13,278	44,26	12,513	44,273
12,749	44,322	13,279	44,273	12,508	44,287
12,833	44,335	13,256	44,286	12,492	44,3
12,779	44,349	13,313	44,3	12,469	44,312
12,798	44,365	13,305	44,315	12,474	44,325
12,824	44,38	13,305	44,33	12,473	44,339
12,82	44,395	13,289	44,345	12,444	44,353
12,774	44,409	13,332	44,36	12,536	44,367
12,834	44,422	13,222	44,373	12,512	44,382
12,852	44,435	13,332	44,386	12,499	44,397
12,808	44,448	13,305	44,399	12,524	44,412
12,715	44,461	13,318	44,412	12,523	44,425
12,797	44,474	13,28	44,425	12,54	44,438
12,745	44,489	13,405	44,44	12,588	44,451
12,728	44,504	13,347	44,455	12,492	44,464
12,799	44,519	13,281	44,47	12,553	44,477
12,783	44,534	13,287	44,484	12,513	44,491
12,842	44,548	13,348	44,498	12,513	44,506
12,838	44,561	13,359	44,511	12,602	44,521
12,846	44,574	13,391	44,524	12,576	44,536
12,857	44,586	13,357	44,537	12,58	44,55
12,816	44,599	13,325	44,55	12,588	44,564
12,901	44,613	13,391	44,564	12,667	44,577
12,86	44,628	13,372	44,579	12,567	44,59
12,874	44,643	13,375	44,594	12,581	44,603
12,896	44,658	13,366	44,609	12,594	44,616
12,945	44,673	13,41	44,623	12,626	44,63
12,92	44,686	13,393	44,637	12,613	44,645
12,948	44,699	13,409	44,65	12,567	44,66
12,934	44,712	13,417	44,663	12,569	44,675
12,872	44,725	13,408	44,676	12,604	44,689
12,899	44,738	13,405	44,689	12,611	44,703
12,896	44,753	13,411	44,703	12,52	44,716

12,898	44,768	13,468	44,718	12,616	44,729
12,954	44,783	13,466	44,733	12,569	44,742
12,93	44,797	13,457	44,748	12,561	44,755
12,981	44,812	13,437	44,762	12,55	44,769
12,934	44,825	13,466	44,775	12,572	44,784
12,966	44,837	13,486	44,788	12,529	44,799
12,965	44,85	13,434	44,801	12,594	44,814
12,986	44,863	13,471	44,814	12,597	44,828
12,997	44,877	13,411	44,828	12,654	44,842
12,961	44,892	13,499	44,843	12,691	44,855
12,986	44,907	13,458	44,858	12,672	44,868
12,993	44,922	13,448	44,873	12,597	44,881
13,037	44,937	13,456	44,887	12,701	44,894
12,995	44,95	13,427	44,901	12,621	44,908
13,009	44,963	13,441	44,914	12,632	44,922
13,029	44,976	13,449	44,926	12,664	44,937
12,965	44,989	13,471	44,939	12,66	44,953
12,948	45,002	13,492	44,953	12,674	44,967
12,941	45,016	13,438	44,967	12,68	44,981
12,943	45,031	13,41	44,982	12,713	44,994
12,939	45,046	13,495	44,997	12,704	45,007
12,96	45,061	13,518	45,012	12,713	45,02
12,935	45,076	13,46	45,026	12,776	45,033
12,923	45,089	13,532	45,039	12,756	45,047
12,973	45,102	13,461	45,052	12,677	45,061
13,007	45,114	13,542	45,065	12,698	45,076
12,923	45,127	13,498	45,078	12,674	45,091
12,92	45,141	13,512	45,092	12,695	45,106
12,974	45,155	13,492	45,106	12,764	45,12
13,044	45,17	13,505	45,121	12,692	45,133
12,999	45,186	13,533	45,136	12,73	45,146
13,04	45,2	13,538	45,151	12,67	45,159
13,026	45,214	13,566	45,165	12,689	45,172
13,062	45,227	13,547	45,178	12,665	45,185
13,017	45,24	13,555	45,191	12,648	45,2
13,011	45,253	13,501	45,204	12,631	45,215
12,995	45,266	13,545	45,217	12,695	45,23
13,048	45,28	13,59	45,23	12,714	45,245
12,998	45,295	13,533	45,245	12,675	45,259
12,974	45,31	13,618	45,26	12,681	45,272
13,002	45,325	13,576	45,275	12,731	45,285
13,042	45,339	13,575	45,29	12,674	45,298
12,96	45,353	13,553	45,304	12,737	45,311
13,003	45,366	13,58	45,316	12,689	45,325
12,981	45,378	13,57	45,329	12,672	45,339
13,03	45,391	13,573	45,342	12,675	45,354

13,032	45,405	13,568	45,355	12,801	45,369
12,998	45,419	13,526	45,369	12,745	45,384
12,937	45,434	13,538	45,384	12,745	45,397
13,085	45,449	13,59	45,4	12,762	45,411
13,022	45,464	13,528	45,414	12,783	45,423
13,058	45,478	13,532	45,429	12,713	45,436
13,034	45,491	13,509	45,442	12,713	45,449
13,03	45,504	13,527	45,455	12,783	45,463
13,019	45,517	13,526	45,468	12,746	45,478
13,037	45,53	13,472	45,481	12,821	45,493
13,029	45,544	13,467	45,494	12,787	45,508
13,042	45,559	13,508	45,508	12,713	45,522
13,043	45,574	13,554	45,523	12,755	45,537
13,087	45,589	13,55	45,539	12,798	45,55
13,058	45,603	13,565	45,554	12,745	45,562
13,13	45,617	13,576	45,568	12,787	45,576
13,087	45,629	13,582	45,581	12,726	45,589
13,05	45,642	13,616	45,594	12,819	45,602
13,079	45,655	13,611	45,607	12,79	45,617
13,057	45,668	13,569	45,62	12,766	45,631
12,991	45,683	13,563	45,633	12,767	45,647
13,007	45,698	13,556	45,648	12,796	45,661
13,033	45,713	13,601	45,663	12,847	45,675
13,05	45,728	13,59	45,678	12,851	45,688
13,048	45,742	13,673	45,693	12,82	45,701
13,072	45,755	13,652	45,707	12,769	45,714
13,022	45,768	13,644	45,719	12,787	45,727
13,044	45,781	13,637	45,732	12,774	45,741
13,04	45,794	13,606	45,746	12,841	45,755
13,051	45,807	13,58	45,758	12,867	45,77
13,037	45,822	13,562	45,772	12,835	45,785
13,044	45,837	13,621	45,787	12,869	45,8
13,018	45,852	13,585	45,802	12,82	45,814
13,062	45,867	13,649	45,817	12,848	45,828
13,117	45,881	13,715	45,832	12,871	45,841
13,108	45,894	13,743	45,845	12,842	45,854
13,15	45,907	13,691	45,858	12,844	45,866
13,099	45,919	13,667	45,871	12,834	45,88
13,109	45,933	13,768	45,884	12,861	45,894
13,08	45,946	13,706	45,897	12,865	45,909
13,122	45,961	13,678	45,911	12,847	45,924
13,091	45,976	13,743	45,926	12,826	45,939
13,089	45,991	13,692	45,941	12,858	45,953
13,086	46,006	13,695	45,956	12,845	45,967
13,153	46,019	13,644	45,971	12,854	45,98
13,118	46,032	13,636	45,984	12,815	45,993

13,184	46,045	13,623	45,996	12,829	46,006
13,136	46,058	13,646	46,009	12,79	46,019
13,154	46,071	13,618	46,022	12,836	46,033
13,161	46,086	13,661	46,035	12,859	46,047
13,136	46,101	13,689	46,05	12,795	46,062
13,136	46,116	13,7	46,065	12,834	46,077
13,225	46,131	13,668	46,08	12,844	46,092
13,175	46,145	13,638	46,095	12,897	46,105
13,249	46,158	13,659	46,109	12,897	46,119
13,148	46,171	13,618	46,123	12,899	46,132
13,155	46,184	13,741	46,136	12,947	46,144
13,175	46,196	13,714	46,148	12,941	46,158
13,195	46,21	13,737	46,161	12,878	46,172
13,163	46,225	13,751	46,174	12,877	46,186
13,233	46,24	13,732	46,189	12,887	46,201
13,241	46,255	13,725	46,204	12,906	46,216
13,172	46,269	13,756	46,219	12,956	46,231
13,222	46,284	13,734	46,234	12,918	46,245
13,209	46,297	13,701	46,248	12,936	46,257
13,276	46,31	13,712	46,261	12,925	46,27
13,208	46,322	13,774	46,274	12,846	46,283
13,213	46,335	13,797	46,287	12,851	46,296
13,197	46,349	13,786	46,3	12,903	46,31
13,281	46,363	13,807	46,313	12,905	46,325
13,196	46,378	13,744	46,328	12,9	46,34
13,207	46,394	13,726	46,343	13,003	46,355
13,283	46,409	13,805	46,358	12,934	46,37
13,323	46,422	13,758	46,373	12,903	46,384
13,245	46,436	13,804	46,387	12,978	46,397
13,288	46,448	13,755	46,4	12,979	46,409
13,24	46,461	13,828	46,412	12,984	46,422
13,189	46,474	13,828	46,425	12,974	46,435
13,236	46,488	13,795	46,438	12,976	46,449
13,206	46,502	13,798	46,453	12,933	46,464
13,186	46,518	13,778	46,468	12,971	46,479
13,231	46,533	13,801	46,483	12,938	46,494
13,247	46,547	13,842	46,498	12,966	46,508
13,298	46,561	13,812	46,512	13,043	46,522
13,207	46,574	13,823	46,525	13,052	46,535
13,245	46,587	13,868	46,538	13,022	46,548
13,221	46,6	13,822	46,551	13,044	46,561
13,219	46,613	13,844	46,564	12,979	46,574
13,347	46,627	13,835	46,577	12,963	46,588
13,285	46,641	13,87	46,591	12,963	46,602
13,27	46,656	13,896	46,606	13,006	46,617
13,326	46,672	13,911	46,622	13,033	46,632

13,324	46,686	13,909	46,637	13,032	46,647
13,274	46,7	13,918	46,651	13,041	46,661
13,269	46,713	13,883	46,664	13,09	46,675
13,227	46,726	13,881	46,677	13,101	46,687
13,283	46,739	13,843	46,69	13,078	46,7
13,276	46,752	13,856	46,703	13,06	46,713
13,303	46,765	13,796	46,716	13,063	46,727
13,282	46,78	13,823	46,731	13,095	46,741
13,284	46,795	13,917	46,746	13,068	46,756
13,288	46,81	13,892	46,761	13,104	46,771
13,281	46,825	13,889	46,776	13,051	46,786
13,312	46,839	13,892	46,789	13,089	46,8
13,287	46,852	13,873	46,802	13,021	46,814
13,337	46,865	13,826	46,815	13,043	46,826
13,333	46,878	13,861	46,828	13,045	46,839
13,319	46,89	13,854	46,841	13,001	46,852
13,349	46,905	13,867	46,855	13,085	46,866
13,28	46,919	13,884	46,87	13,082	46,88
13,343	46,935	13,904	46,885	13,056	46,895
13,298	46,95	13,892	46,9	13,099	46,91
13,367	46,964	13,883	46,914	13,11	46,925
13,331	46,977	13,853	46,928	13,104	46,939
13,37	46,99	13,865	46,941	13,031	46,952
13,385	47,003	13,85	46,954	13,044	46,965
13,318	47,016	13,932	46,967	13,085	46,978
13,349	47,029	13,891	46,98	13,085	46,991
13,379	47,043	13,956	46,994	13,044	47,005
13,379	47,058	13,955	47,009	13,096	47,019
13,351	47,073	14,007	47,025	13,066	47,034
13,419	47,089	13,947	47,039	13,037	47,049
13,4	47,103	14,011	47,053	13,045	47,064
13,4	47,116	14,039	47,066	13,072	47,078
13,389	47,129	13,973	47,079	13,073	47,091
13,345	47,142	13,931	47,092	13,106	47,104
13,421	47,155	13,983	47,105	13,08	47,117
13,399	47,168	14,014	47,119	13,162	47,13
13,416	47,183	13,983	47,134	13,135	47,143
13,439	47,198	14,014	47,149	13,171	47,158
...	...	...	...	...	...
19,032	57,486	18,334	69,108	20,735	93,651

**ПРИЛОЖЕНИЕ В. Информация об испытательном центре СПбГАСУ.
Свидетельства о поверке и калибровке испытательного оборудования**

Информация об испытательном центре СПбГАСУ



РОСАККРЕДИТАЦИЯ **ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО АККРЕДИТАЦИИ** № 0002068

АТТЕСТАТ АККРЕДИТАЦИИ
№ RA.RU.21CT39 выдан 23 июня 2015 г.
номер аттестата аккредитации и дата выдачи

Настоящий аттестат выдан **Федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»**; ИНН:7809011023
190005, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4
наименование и ИНН (с 31.01.05) заказчика
адрес места (мест) осуществления деятельности

и удостоверяет, что **Испытательный центр Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета**
наименование
адрес места (мест) осуществления деятельности
190005, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4, лит. А

соответствует требованиям **ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009**
аккредитован(о) в качестве **Испытательной лаборатории (центра)**
в соответствии с областью аккредитации, область аккредитации определена в приложении к настоящему аттестату и является неотъемлемой частью аттестата.

Дата внесения сведений в реестр аккредитованных лиц **20 мая 2015 г.**

М.П. **Руководитель (заместитель Руководителя)** **М.А. Якутова**
Федеральной службы по аккредитации подпись инициалы, фамилия

Аттестат аккредитации №02 «РА.РУ.21CT39», www.osa.ru, с изменениями № 02-03 от 03.02.2016. Р.Ф., проспект Б.в. тов. 150/151 126-4742, Москва, 2014 г.ггг.

Рисунок В.1 - Аттестат аккредитации ИЦ СПбГАСУ



ФБУ «ТЕСТ-С.-ПЕТЕРБУРГ»
Федеральное бюджетное учреждение «Государственный
региональный центр стандартизации, метрологии
и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области»



ОСНОВАН в 1990 г.

190103, Санкт-Петербург, Куржовская ул., 1, тел.: (812) 2446228, факс: (812) 2441004
E-mail: testet@rustest.spb.ru WWW: http://rustest.spb.ru

СВИДЕТЕЛЬСТВО ОБ АТТЕСТАЦИИ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ (АНАЛИТИЧЕСКОЙ) ЛАБОРАТОРИИ

№ SP01.01.106.058
Действительно до «05» июля 2024 г.

Настоящее свидетельство выдано

**федеральному государственному бюджетному образовательному учреждению
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ)**

наименование юридического лица с указанием организационно-правовой формы

190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская улица, дом 4

адрес юридического лица

и удостоверяет, что **Испытательный центр**

наименование ИЛ (ИЦ)

190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская улица, дом 4, литера А

адрес ИЛ (ИЦ)

соответствует основным требованиям, установленным для испытательных лабораторий нормативными и рекомендательными документами в части оценки состояния измерений и компетентности для целей проведения контрольных испытаний строительных материалов и конструкций согласно заявленной области деятельности, которая приведена в приложении и является неотъемлемой частью настоящего свидетельства.

И.о. генерального директора



П.Л. Овчаренко

Зарегистрировано в Реестре ФБУ «Тест-С.-Петербург» «05» июля 2021 г.

Рисунок В.2 – Свидетельство об аттестации испытательной лаборатории СПбГАСУ

	ФБУ «ТЕСТ-С.-ПЕТЕРБУРГ» Федеральное бюджетное учреждение «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области»	 ОСНОВАН В 1900 г.
190103, Санкт-Петербург, Куражиская ул., 1, тел.: (812) 2111270, факс: (812) 2441004 E-mail: letter@rustest.spb.ru WWW: http://rustest.spb.ru		
ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СОСТОЯНИИ ИЗМЕРЕНИЙ В ЛАБОРАТОРИИ		
№ ОЕИ 01.106.058 Выдано «05» июля 2021 г. Действительно до «05» июля 2024 г.		
Настоящее Заключение удостоверяет, что		
Испытательный центр		
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ)		
наименование лаборатории и юридического лица		
190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская улица, дом 4		
адрес юридического лица		
190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская улица, дом 4, литера А		
адрес места нахождения лаборатории		
согласно рекомендациям МИ 2427 «Оценка состояния измерений в испытательных, измерительных лабораториях и лабораториях производственного и аналитического контроля» имеет необходимые условия для выполнения измерений в области деятельности, представленной в приложении.		
Заключение оформлено по результатам проведенной оценки состояния измерений.		
И.о. генерального директора		П.Л. Овчаренко
Зарегистрировано в Реестре ФБУ «Тест-С.-Петербург» «05» июля 2021 г.		

Рисунок В.3 – Заключение о состоянии измерений в лаборатории СПбГАСУ

Свидетельства о поверке и калибровке испытательного оборудования

Общество с ограниченной ответственностью «Метэк»

г. Санкт-Петербург, Пискаревский пр., д.40, к. 2, пом. 12Н,
E-mail: metek2004@mail.ru, т. (812)241-68-81
Уникальный номер в реестре аккредитованных лиц № RA.RU.311259.
Свидетельство о регистрации в РСК № 001399 от 22.01.2020 г. до 22.01.2025 г.

АТТЕСТАТ

№ 230156

Дата выдачи: 18 января 2023 г.

Удостоверяется, что испытательная камера тепла холода влажности «КТХВ-300, № 02022017, изготовитель ООО «НПФ Технология», 2017 г., принадлежащая СМISK ИЦ СПбГАСУ ИНН 7809011023, по результатам периодической аттестации, протокол № 230156 от 18 января 2023 г., соответствует требованиям паспорта 4343-012-85177747-2009 (ПС) и признана годной к применению для проведения испытаний на воздействие пониженной и повышенной температуры среды и воздействие повышенной относительной влажности воздуха поливинилхлоридного профиля для оконных и дверных блоков в соответствии с требованиями ГОСТ 30973-2002 «Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценки долговечности», других материалов и изделий, контролируемых СМISK ИЦ СПбГАСУ.

Периодичность периодической аттестации 1 год

Аттестат выдан ООО «Метэк»



Генеральный директор ООО «Метэк»

Лейкин М.Е.

подпись

18 января 2023 г.

Протокол периодической аттестации № 230156 от 18 января 2023 г.

1. Состав аттестационной комиссии:

Генеральный директор ООО «Метэк» Лейкин М.Е.;
Метролог-поверитель ООО «Метэк» Шелухин Е.В.;
Директор СМиск ИЦ СПбГАСУ Безпальчук С.Н.;
Заведующий лабораторией ЦМиск Тихомиров А.В.

2. Наименование испытательного оборудования: испытательная камера тепла холода влажности «КТХВ-300, № 02022017, изготовитель ООО «НПФ Технология», 2017 г, владелец СМиск ИЦ СПбГАСУ ИНН 7809011023;

3. Документы, используемые при аттестации

- ГОСТ Р 8.568-2017 «ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения»;
- паспорт 4343-012-85177747-2009 (ПС);
- ГОСТ Р 53618-2009 «Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию температуры»;
- ГОСТ Р 53616-2009 «Методы аттестации камер (без загрузки) для испытаний на стойкость к воздействию влажности»;
- ГОСТ 30973-2002 Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценки долговечности.

4. Средства измерений, используемые при аттестации:

№	Наименование	Основные характеристики	Сведения о поверке (калибровке)
1	мультиметр цифровой ОММЕГА 111 №PG21-318	Согласно паспорта и РЭ	свидетельство о поверке № С-СП/31-10-2022/198250747 до 30.10.2023 г., ФБУ «Тест – С.-Петербург»
2	барометр-анероид метеорологический БАММ-1 №242	80÷106 кПа	свидетельство о поверке №С-СП/22-09-2022/188126955, ФБУ «Тест-С.-Петербург»
3	термогигрометр ТГЦ-МГ4.01 №1296	Диапазон измерения: температуры -30...+85 °С; влажности 0...99,9 %	свидетельство о поверке № С-СП/16-11-2022/202019970 до 15.11.2023 г. ФБУ «Тест-С.-Петербург»
4	термометр цифровой четырехканальный «CENTER 304», №070908755	-200÷+1370/0,1°С	свидетельство о поверке №С-В/19-01-2022/125605003 до 18.01.2023 г., ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

5. Место и условия проведения аттестации:

Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, д.4, лаборатория СМиск ИЦ СПбГАСУ

- температура воздуха	20,6 °С
- относительная влажность	51,3 %
- атмосферное давление	101,3 кПа

8. Заключение аттестационной комиссии: испытательная камера тепла холода влажности «КТХВ-300, № 02022017 соответствует требованиям паспорта 4343-012-85177747-2009 (ПС) и признана годной к применению при испытаниях на воздействие пониженной и повышенной температуры среды и воздействие повышенной относительной влажности воздуха профиля поливинилхлоридного для оконных и дверных блоков в соответствии с требованиями ГОСТ 30973-2002, других материалов и изделий, контролируемых СМISK ИЦ СПбГАСУ в режимах:

на воздействие пониженной и повышенной температуры воздуха

$T_1 = -70^{\circ}\text{C}$, $T_2 = +70^{\circ}\text{C}$, $T_3 = +150^{\circ}\text{C}$ с отклонением $\pm 2^{\circ}\text{C}$

на воздействие повышенной относительной влажности воздуха

$\phi = 93\%$ $T = +70^{\circ}\text{C}$ с отклонением $\pm 3\% \text{C}$

9. Рекомендации аттестационной комиссии:

При испытаниях изделия располагать в центре камеры, обеспечивая свободную циркуляцию воздуха внутри полезного объема камеры.

Периодическую аттестацию провести не позднее 18 января 2024 г.

Выдан аттестат № 230156 от 18 января 2023 года.

Аттестационная комиссия:

Генеральный директор ООО «Метэк» _____ Лейкин М.Е.

Метролог-поверитель ООО «Метэк» _____ Шелухин Е.В.

Директор СМISK ИЦ СПбГАСУ _____ Безпальчук С.Н.

Заведующий лабораторией
СМISK ИЦ СПбГАСУ _____ Тихомиров А.В.

Федеральное бюджетное учреждение "Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области" (ФБУ "Тест-С.-Петербург")

RA.RU.311483 /ИНН 7809018702 КПП 783901001

190103, г Санкт-Петербург, ул.Курляндская д.1

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ № С-СП/23-12-2022/210988557

Действительно до: 22 декабря 2023 г.

Средство измерений	<u>Системы для измерения параметров испытаний; 5900; 5966; 43602-10</u>	
	наименование и обозначение типа, модификация (при наличии) средства измерений, регистрационный номер в	
	Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, присвоенный при утверждении типа	
заводской номер	<u>5966L6089</u>	заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение
в составе	<u>-</u>	
поверено	<u>В полном объеме</u>	
	наименование единиц величин, диапазонов измерений, на которых поверено средство измерений	
	или которые исключены из поверки	
в соответствии с	<u>ИП АПМ 117-2009; Раздел эксплуатационной документации</u>	
	наименование или обозначение документа, на основании которого выполнена поверка	
с применением эталонов:	<u>38379-08 Динамометры электронные ДК 00146 2011 Эталон 2 разряда ГПС для средств</u>	
	регистрационные номера эталонов и (или) наименования и обозначения типов стандартных образцов и (или)	
измерения силы (утверждена приказом Росстандарта от 22 октября 2019 г. №2498)	<u>средств измерений, заводские номера, обязательные требования к эталонам</u>	
при следующих значениях влияющих факторов:	<u>температура окр. воздуха 21 °С, относительная влажность 50 %, атмосферное</u>	
	перечень влияющих факторов, при которых проводилась поверка, с указанием их значений	
давление 101 кПа		
и на основании результатов периодической поверки признано пригодным к применению.		
Постоянный адрес записи сведений о результатах поверки в ФИФ:	<u>https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results/210988557</u>	
Номер записи сведений о результатах поверки в ФИФ ОЕИ:	<u>210988557</u>	
Поверитель	<u>Александров А.В.</u>	фамилия, инициалы
Знак поверки:		

Начальник отдела № 434

должность руководителя или другого уполномоченного лица

Дата поверки: 23.12.2022



подпись

Тихонов С.А.
фамилия, инициалы

Федеральное бюджетное учреждение "Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области" (ФБУ "Тест-С.-Петербург")

RA.RU.311483 / ИНН 7809018702 КПП 783901001

190103, г Санкт-Петербург, ул.Курляндская д.1

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ № С-СП/23-12-2022/210988559

Действительно до: 22 декабря 2023 г.

Средство измерений Системы для измерения параметров испытаний; 5900; 5969; 43602-10
наименование и обозначение типа, модификация (при наличии) средства измерений, регистрационный номер в

Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, присвоенный при утверждении типа

заводской номер 5969L6060
заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение

в составе "
поверено В полном объеме
наименование единиц величин, диапазонов измерений, на которых поверено средство измерений

или которые исключены из поверки

в соответствии с МП АПМ 117-2009; Раздел эксплуатационной документации
наименование или обозначение документа, на основании которого выполнена поверка

с применением эталонов: 38379-08 Динамометры электронные ДК 9925015020 2009 Эталон 2 разряда ГПС для средств
регистрационные номера эталонов и (или) наименования и обозначения типов стандартных образцов и (или)

измерения силы (утверждена приказом Росстандарта от 22 октября 2019 г. №2498)
средств измерений, заводские номера, обязательные требования к эталонам

при следующих
значениях влияющих
факторов: температура окр. воздуха 21 °С, относительная влажность 50 %, атмосферное
перечень влияющих факторов, при которых проводилась поверка, с указанием их значений

давление 101 кПа

и на основании результатов периодической поверки признано пригодным к применению.

Постоянный адрес
записи сведений о
результатах поверки в
Фиф: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results/210988559>

Номер записи сведений о
результатах поверки в
Фиф ОЕИ: 210988559

Поверитель Александров А.В.
фамилия, имя, отчество

Знак поверки: 

Начальник отдела № 434
должность руководителя или
другого уполномоченного лица

Дата поверки: 23.12.2022



Тихонов С.А.
фамилия, имя, отчество

подпись



СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Федеральное бюджетное учреждение "Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области" (ФБУ "Тест-С.-Петербург")

RA.RU.311483

наименование аккредитованного в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации юридического лица или индивидуального предпринимателя, выполнявшего поверку

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ № C-СП/08-12-2022/207962237

Действительно до 07.12.2023

Средство измерений	Весы электронные; GF; GF-200; 21346-06
	наименование и обозначение типа, модификация (при наличии) средства измерений, регистрационный номер в
	Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, присвоенный при утверждении типа
заводской номер	T0332054
	заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение
в составе	-
поверено	В полном объеме
	наименование единиц величин, диапазонов измерений, на которых поверено средство измерений
	или которые исключены из поверки
в соответствии с	МП ВНИИМС
	наименование или обозначение документа, на основании которого выполнена поверка
с применением эталонов:	36068-07 Гири классов точности E1, E2, F1, F2 и M1 Нет данных 24025226 2009 Эталон 2 разряда Приказ от
	регистрационные номера эталонов и (или) наименования и обозначения типов стандартных образцов и (или)
	29.12.2018 №2818; 52768-13 Гири от 1 мг до 20 кг классов точности E1, E2, F1, F2, M1 Нет данных 34125131/7 2016 Эталон 1 разряда
	средств измерений, заводские номера, обязательные требования к эталонам
	Приказ от 29.12.2018 №2818
при следующих значениях влияющих факторов:	температура окр. воздуха 21 °C, относительная влажность 48 %
	перечень влияющих факторов, при которых проводилась поверка, с указанием их значений
и на основании результатов периодической поверки признано пригодным к применению.	
Постоянный адрес записи сведений о результатах поверки в ФИФ:	
	https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results/207962237
Номер записи сведений о результатах поверки в ФИФ ОЕИ:	
	207962237
Поверитель	Быстров Д.В.
	фамилия, инициалы
Знак поверки:	
Начальник отдела № 434	
должность руководителя или другого уполномоченного лица	подпись
	Тихонов С.А.
	фамилия, инициалы
Дата поверки	08.12.2022



СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Федеральное бюджетное учреждение "Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области" (ФБУ "Тест-С.-Петербург")

RA.RU.311483

наименование аккредитованного в соответствии с законодательством Российской Федерации об аккредитации в национальной системе аккредитации юридического лица или индивидуального предпринимателя, выполнявшего поверку

RA.RU.311483

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ № С-СП/12-01-2023/214831920

Действительно до 11.01.2024

Средство измерений

Штангенциркули; ШЦ-I; Калиброн; 41093-09

наименование и обозначение типа, модификация (при наличии) средства измерений, регистрационный номер в

Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, присвоенный при утверждении типа

заводской номер

08012357

заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение

в составе

-

поверено

В полном объеме

наименование единиц величин, диапазонов измерений, на которых поверено средство измерений

или которые исключены из поверки

в соответствии с

МП 57709-14

наименование или обозначение документа, на основании которого выполнена поверка

с применением эталонов:

1712-76 Меры длины МКП 8421 1987 Эталон 4 разряда Приказ №2840 от 29.12.2018

регистрационные номера эталонов и (или) наименования и обозначения типов стандартных образцов и (или)

средств измерений, заводские номера, обязательные требования к эталонам

при следующих значениях
влияющих факторов:

температура окр. воздуха 20,6 °С, относительная влажность 41,8 %, атмосферное давление 101 кПа

перечень влияющих факторов, при которых проводилась поверка, с указанием их значений

и на основании результатов периодической поверки признано пригодным к применению.

Постоянный адрес

записи сведений о

результатах поверки в

ФИФ:

<https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results/214831920>

Номер записи сведений о

результатах поверки в ФИФ

ОЕИ:

214831920

Поверитель

Мальцева Т.В.

фамилия, инициалы

Знак поверки:



Начальник отдела № 437

должность руководителя или
другого уполномоченного лица

подпись

Трусов Н.П.

фамилия, инициалы

Дата поверки

12.01.2023

Федеральное бюджетное учреждение "Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области" (ФБУ "Тест-С.-Петербург")

RA.RU.311483 / ИНН 7809018702 КПП 783901001

190103, г Санкт-Петербург, ул.Курляндская д.1

СВИДЕТЕЛЬСТВО О ПОВЕРКЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ № С-СП/23-12-2022/210988555

Действительно до: 22 декабря 2023 г.

Средство измерений	<u>Машины испытательные универсальные; УТ; УТ-05-2000; 56317-14</u>	
	наименование и обозначение типа, модификация (при наличии) средства измерений, регистрационный номер в	
	Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений, присвоенный при утверждении типа	
заводской номер	<u>14 06 0220 01</u>	заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение
в составе	<u>-</u>	
поверено	<u>В полном объеме</u>	
	наименование единиц величин, диапазонов измерений, на которых поверено средство измерений	
	или которые исключены из поверки	
в соответствии с	<u>МП ТИИТ 140-2013; Раздел эксплуатационной документации</u>	
	наименование или обозначение документа, на основании которого выполнена поверка	
с применением эталонов:	<u>38379-08 Динамометры электронные ДК 00159 2011 Эталон 2 разряда ГПС для средств</u>	
	регистрационные номера эталонов и (или) наименования и обозначения типов стандартных образцов и (или)	
измерения силы (утверждена приказом Росстандарта от 22 октября 2019 г. №2498)	<u>средств измерений, заводские номера, обязательные требования к эталонам</u>	
при следующих значениях влияющих факторов:	<u>температура окр. воздуха 21 °С, относительная влажность 50 %, атмосферное</u>	
	перечень влияющих факторов, при которых проводилась поверка, с указанием их значений	
давление 101 кПа		
и на основании результатов периодической поверки признано пригодным к применению.		
Постоянный адрес записи сведений о результатах поверки в ФИФ:	<u>https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results/210988555</u>	
Номер записи сведений о результатах поверки в ФИФ ОЕИ:	<u>210988555</u>	
Поверитель	<u>Александров А.В.</u>	фамилия, инициалы
Знак поверки:		



Начальник отдела № 434
должность руководителя или другого уполномоченного лица

Дата поверки: 23.12.2022



(Signature)
подпись

Тихонов С.А.
фамилия, инициалы

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Акт внедрения результатов диссертационного исследования



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет»
(СПбГАСУ)
ул. 2-я Красноармейская, д. 4, Санкт-Петербург, 190005

УТВЕРЖДАЮ
Декан Строительного факультета,
д-р техн. наук, доцент
А. Н. Гайдо
2024 г.

АКТ

использования в учебном процессе материалов кандидатской диссертации
«ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И СРОКОВ СЛУЖБЫ БАЛОЧНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ ИЗ LVL»

ассистента кафедры «Металлических и деревянных конструкций»
Королькова Дмитрия Игоревича

Материалы диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук ассистента кафедры «Металлических и деревянных конструкций» Д.И. Королькова используются в лекционном курсе по дисциплине «Методы определения надежности, длительной прочности и сроков службы металлических и деревянных конструкций» для обучающихся в магистратуре по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» по программе «Проектирование строительных конструкций, зданий и сооружений» на кафедре «Металлических и деревянных конструкций».

Заведующий кафедрой МиДК
д-р техн. наук, профессор

А. Г. Черных

«12» 02 2024 г.