

УДК 622: 658.513 (575.2) (04)

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ НАДЕЖНОСТИ ЛИФТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ДЛИТЕЛЬНЫМ СРОКОМ СЛУЖБЫ

Т.В. Лядышева – соискатель

In the article is exposed substantiation of reliability criteria of long-term durability hoisting equipment.

Под эксплуатационной надежностью лифтового оборудования понимается способность его безотказной работы и обеспечение подъема груза в заданных объемах при заданном сроке службы.

Отказ – событие, приводящее к полной или частичной утрате работоспособности подъемной установки. Для подъемных установок с длительным сроком эксплуатации можно выделить две группы отказов:

- вызванные изменением параметров и характеристик элементов во времени, обусловленные происходящими в них физико-химическими процессами, зависящими от свойств материала и напряжений, вызываемых нагрузками;
- вызванные несоблюдением правил безопасной эксплуатации.

В зависимости от условий эксплуатации подъемной установки критерии оценки надежности (долговечность, безотказность, сохраняемость, ремонтпригодность) могут иметь различную относительную значимость. Исследование отказов при анализе долговечности подъемной установки целесообразно проводить в двух случаях:

- при совершенствовании элементов оборудования;
- при использовании подъемного оборудования в новых условиях.

В обоих случаях рассматриваются законы распределения показателей долговечности, так

как номинальные технические характеристики не гарантируют работоспособности подъемной установки.

В качестве показателей, определяющих безотказность работы подъемной установки, принимают [1]:

- вероятность безотказной работы $P(t)$;
- параметр потока отказов $w(t)$;
- наработка на отказ T_0 .

Вероятность безотказной работы – вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает [2]:

$$P(t) = 1 - F(t) = p(t > t_3), \quad (1)$$

где $F(t)$ – вероятность отказа, т.е. вероятность того, что фактическое время работы исправной машины t примет значение меньше заданного времени t_3 . Вероятность безотказной работы $P(t)$ является основным показателем безотказности. Значение $P(t)$ находится в пределах $0 \leq P(t) \leq 1$.

Для оценки надежности незначительного износа элементов оборудования используется показатель наработки на отказ. Он определяется как среднее арифметическое значение наработок на отказ всех элементов. Получающийся при этом закон распределения наработки на отказ позволяет определить ресурс элементов в данных условиях. Это, в свою очередь, позволяет судить о возможности использования элементов при такой нагрузке [3].

Изменение нагрузки, вызывающей отказ, используется для оценки слабых звеньев (подъемный канат, оболочка шкива и т.д.) в подъемной установке. Среднее значение нагрузки, вызывающей отказ, и закон распределения нагрузки позволяют оценить прочность элементов.

Определение надежности является конечным этапом расчета конструкции на устойчивость и жесткость, прочность и т.д. [3]. По характеру потери работоспособности отказы систем бывают внезапные и постепенные. При внезапном отказе, в отличие от постепенного отказа, скачкообразно изменяются один или несколько параметров системы. В большинстве случаев к значительным экономическим потерям приводят внезапные отказы.

Причиной внезапных отказов являются конструктивные и технологические дефекты элементов, а также динамические нагрузки, превышающие предел текучести, выносливости и прочности элемента. Первым основным фактором, влияющим на уровень надежности подъемной установки, является предел прочности элемента. Условие сохранения прочности элемента можно записать в виде неравенства [4]:

$$\sigma_D > \sigma_{\Sigma}, \quad (2)$$

где σ_D – предел прочности элемента; σ_{Σ} – напряжение в элементе.

Экспериментальными исследованиями установлено, что предел текучести, а также предел прочности основных конструкционных материалов является случайной величиной с нормальным распределением, которая при среднем качестве изготовления деталей имеет коэффициент вариации, равный 0,1, т.е. [4]:

$$v_D = \sqrt{D_D} \bar{\sigma}_D^{-1} \approx 0,1, \quad (3)$$

где D_D – дисперсия прочностных характеристик деталей; $\bar{\sigma}_D^{-1}$ – математическое ожидание прочностных характеристик деталей.

Коэффициент вариации прочностных свойств элемента существенно зависит от технологии его изготовления, температуры окружающей среды, скорости деформации, влажности воздуха и т.д.

Вторым основным фактором, влияющим на уровень надежности элементов при внезап-

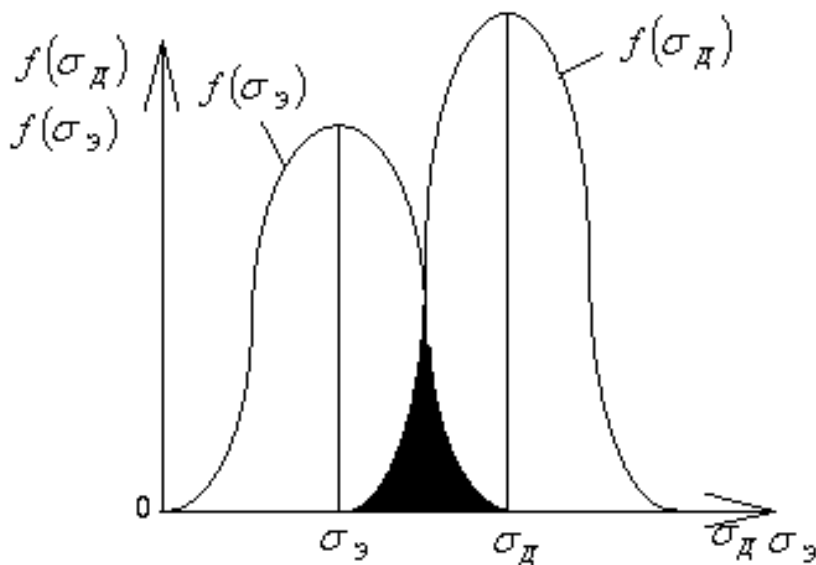


Рис. 1. Нормальные законы распределения напряжений и прочностных свойств деталей.

ных отказах, являются напряжения. Практически для всех подъемных установок напряжения имеют случайный характер (например, стержни каркасов кабин лифтов испытывают при работе воздействие переменных нагрузок, что может привести к прогрессивному накоплению усталостных повреждений), при которых они могут превысить предел выносливости материала при соответствующей характеристике цикла переменных напряжений.

Поскольку стержни опорных каркасов сосудов подъемной установки за весь срок службы подвергаются меньшему количеству изменений нагрузки, величина допускаемых напряжений может быть определена по повышенному значению расчетного предела усталости элемента подъемной установки.

Полное количество изменений нагрузки N_k , которым подвергаются стержни опорного каркаса сосуда за время эксплуатации, составляет [5]:

$$N_k \cong 2T_{\Sigma} T_p n_p n_k, \quad (4)$$

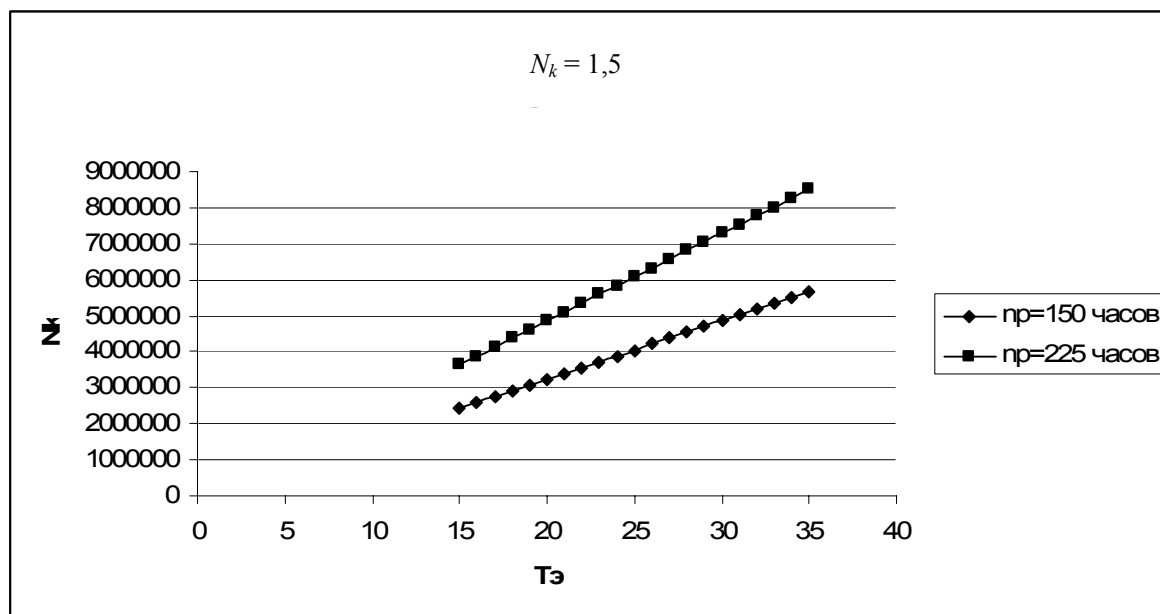
где T_{Σ} – расчетный срок эксплуатации кабины лифта, год; T_p – число дней работы кабины лифта в году; n_p – число полных рейсов кабины лифта в сутки; n_k – число колебаний,

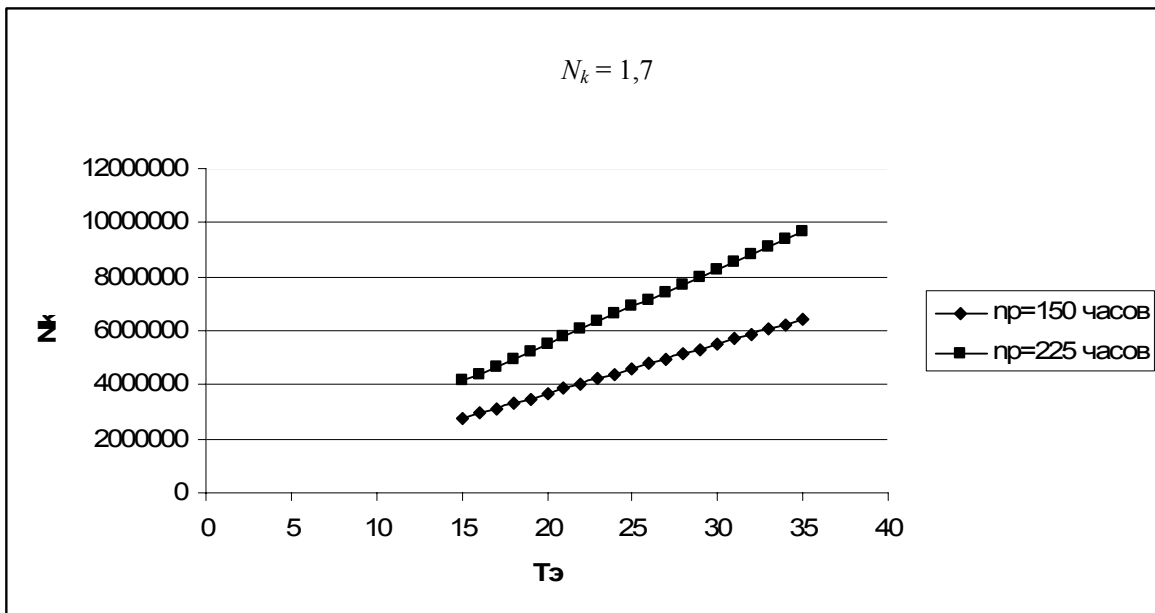
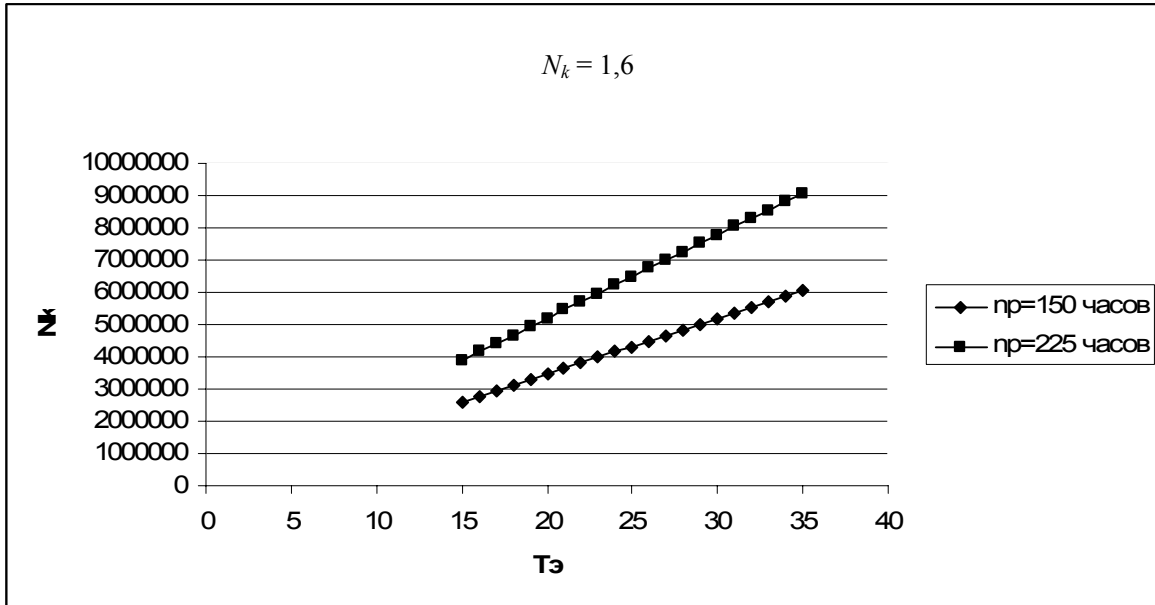
совершаемых элементом опорного каркаса кабины лифта при посадке на кулаки или брусья.

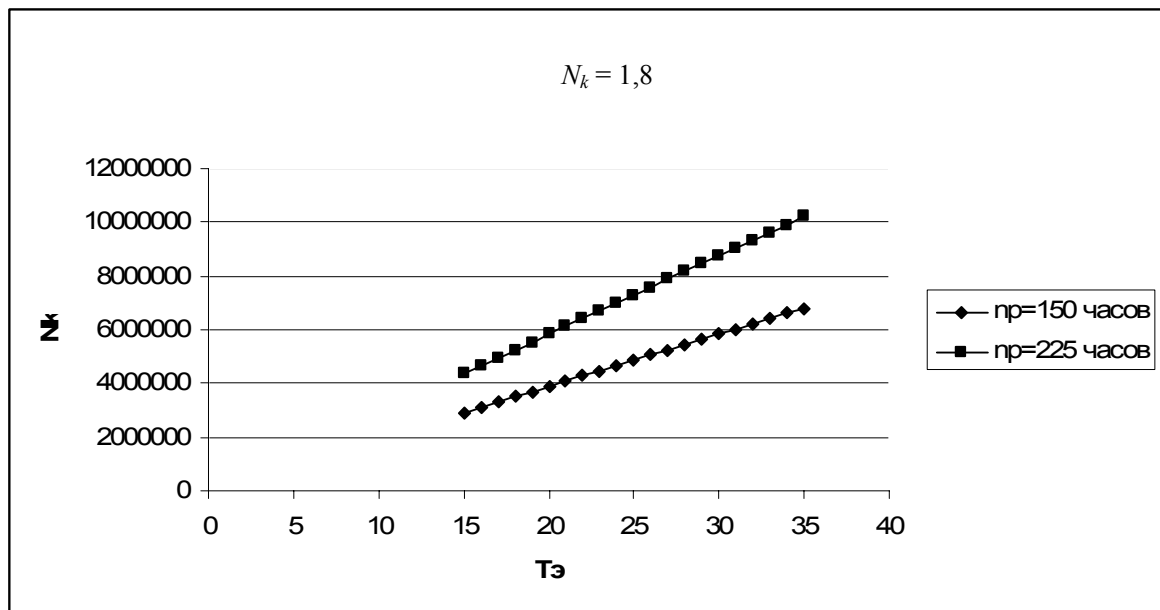
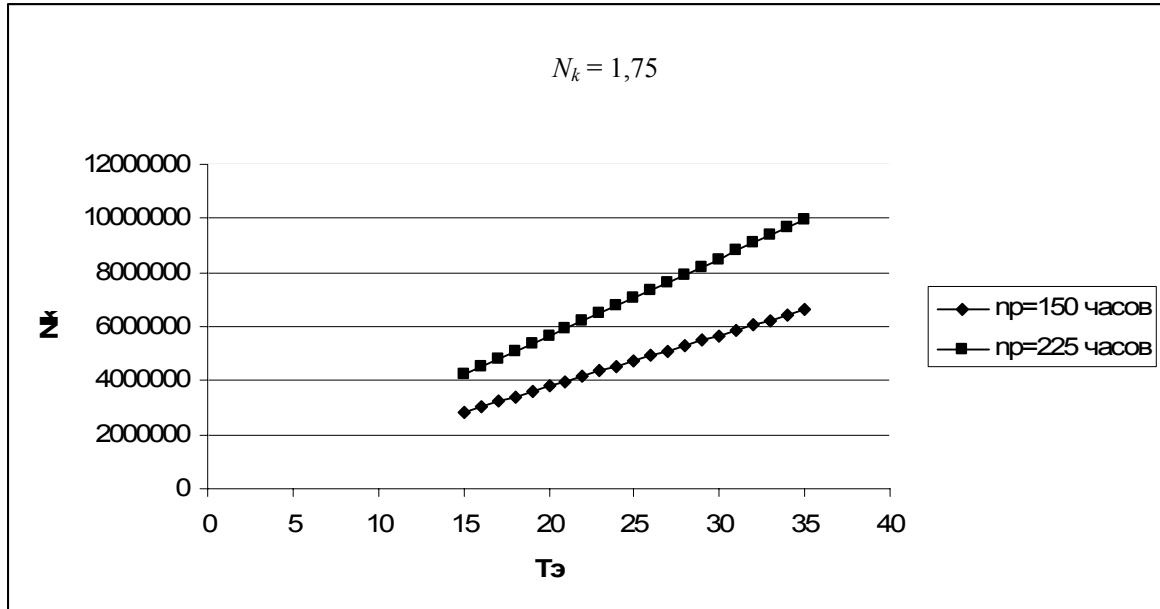
Подставляя в формулу (4) принятые в расчетах величины:

- расчетный срок эксплуатации кабины лифта в годах T_{Σ} от 15 лет до 30 лет;
- число дней работы кабины лифта в году $T_p = 360$ дней;
- число полных рейсов кабины лифта в сутки $n_p = 225$, при круглосуточной работе;
- число полных рейсов кабины лифта в сутки $n_p = 150$, при неполном использовании;
- число колебаний, совершаемых элементом опорного каркаса кабины лифта при посадке на кулаки или брусья n_k от 1,5 до 2.

Используя программу Microsoft Office Excel, получим расчетные данные изменения нагрузки N_k (см. таблицу) за время эксплуатации кабины лифта. На основании полученных расчетов построим графические зависимости количества изменения нагрузки N_k , которым подвергаются стержни опорного каркаса кабины лифта за 20 лет, причем последние 10 лет (от 25 до 35 лет) превышают допустимый срок эксплуатации T_{Σ} (рис. 2).







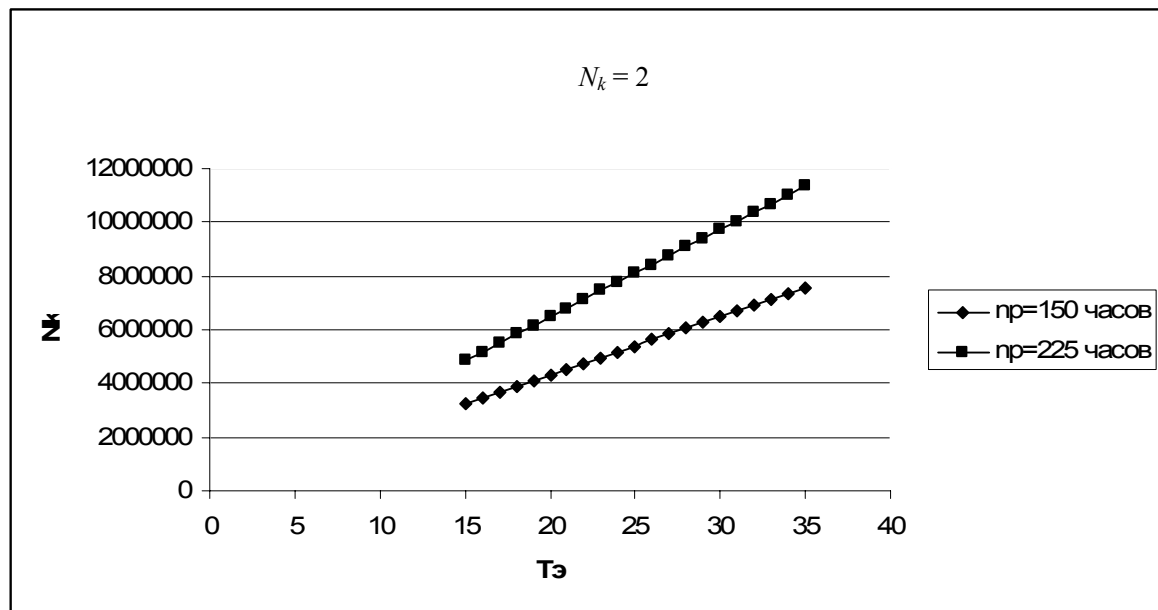
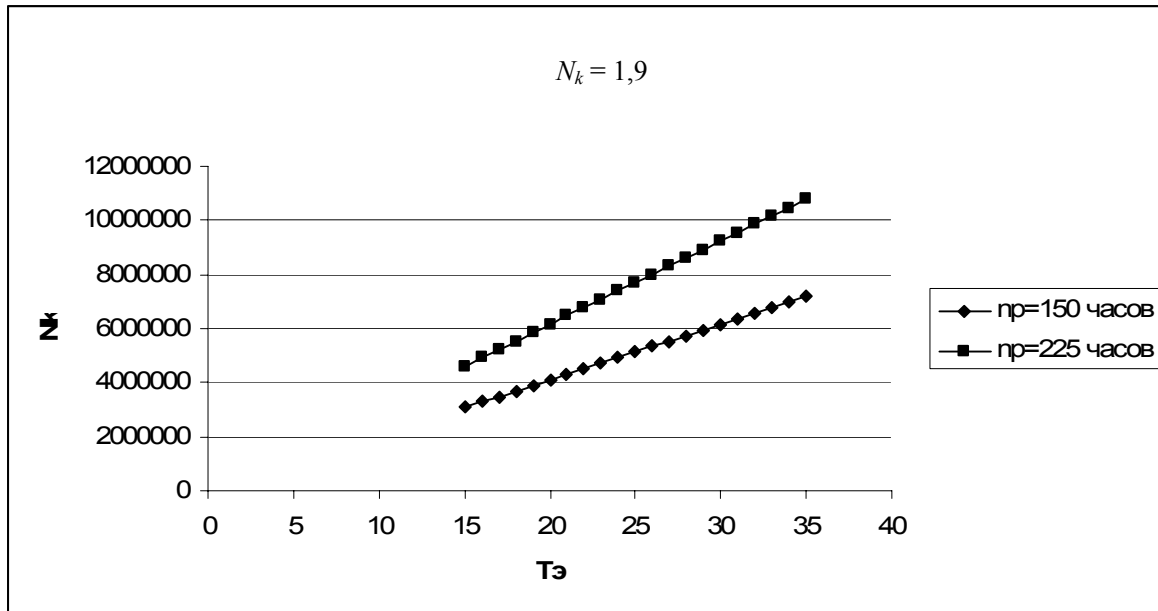


Рис. 2. Зависимость изменения нагрузки от срока эксплуатации.

Таким образом, приведенные выше характеристики зависимости изменения нагрузки от срока эксплуатации кабины лифта при различном коэффициенте числа колебаний, показывают, что при уменьшении числа полных рейсов кабины в сутки нагрузка на элементы подъемного сосуда уменьшается. Следовательно, одной из мер продления срока службы подъемной установки и ее элементов оборудования является уменьшение циклов работы в часы пик.

Литература

1. *Решетов Д.Н.* Работоспособность и надежность машин. – М.: Высшая школа, 1974. – 206 с.
2. *Волков С.Д., Кубачек В.Р., Куклин Л.Г.* Повышение качества надежности машин. – М.: Машиностроение, 1974. – 179 с.
3. Справочник по надежности. – М.: Мир, 1969. – 340 с.
4. *Афанасьев А.И., Потапов В.Я.* Математическая обработка результатов эксперимента: Учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2004. – 148 с.
5. *Федорова З.М., Лукин И.Ф., Нестеров А.П.* Подъемники. – Киев: Вища школа, 1976. – 294 с.