



**Исследование надежности защиты от перегрузок
современных блоков питания персональных компьютеров
методом создания нагрузочного стенда**

**Оксана Владимировна Сынашенко¹, Илья Дмитриевич Ляшко²,
Виктор Иванович Матвеев³**

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹oksana.synashenko@klgtu.ru

²thebadsovok@gmail.com,

³matveevviktor240907@gmail.com

Аннотация. Представлена методика экспериментальной оценки надежности срабатывания встроенных защит от перегрузки (ОСР/ОПР) блоков питания (БП) персональных компьютеров. Для проведения испытаний был разработан и собран малозатратный нагрузочный стенд, активными элементами которого служат параллельно включенные автомобильные галогенные лампы мощностью 50 Вт. Приведены теоретические расчеты электрических параметров стенда на основе закона Ома, описана процедура ступенчатого нагружения БП по линии +12 В, и проанализированы полученные экспериментальные данные. Показано, что предложенный стенд позволяет с высокой наглядностью определять порог срабатывания защиты и оценивать соответствие заявленных характеристик блока питания реальным. Результаты работы демонстрируют эффективность метода для использования в учебных лабораториях и ремонтных мастерских.

Ключевые слова: блок питания персонального компьютера, защита от перегрузки, нагрузочный стенд, закон Ома

Для цитирования: Сынашенко, О. В., Ляшко, И. Д., Матвеев, В. И. Исследование надежности защиты от перегрузок современных блоков питания персональных компьютеров методом создания нагрузочного стенда // Известия Балтийской государственной академии рыбопромышленного флота. – 2026. – № 3(77). – С. 258–263.

Введение

Современные персональные компьютеры (ПК) являются сложными электронными системами, предъявляющими жесткие требования к качеству и стабильности электропитания. Блок питания выступает в роли связующего звена между бытовой электросетью и высокочувствительными компонентами ПК – процессором, видеокартой, накопителями данных. Его отказ или нестабильная работа могут привести не только к внезапному отключению системы, но и к выходу из строя дорогостоящего оборудования [1, 2].

Ключевым аспектом надежности БП является корректное функционирование защитных механизмов, в первую очередь – защиты от перегрузки по току (Over Current Protection, ОСР) и защиты от превышения мощности (Over Power Protection, ОПР). Эти системы призваны отключать блок питания в случае, когда потребляемая нагрузкой мощность превышает номинальную, предотвращая тем самым перегрев силовых элементов, выход из строя самого блока.

Особую остроту эта проблема приобретает в сегменте недорогих блоков питания, заявленные характеристики которых часто не соответствуют реальным. Как показывает практика, такие устройства могут отключаться при нагрузке, значительно ниже номинальной, либо, напротив, не срабатывать при опасной перегрузке, что представляет серьезную угрозу для всей компьютерной системы [3]. Модели Cougar XTC 500W, Intertech SL500-C 500W относятся к бюджетному сегменту, что делает их типичным представителем для подобных испытаний.

Традиционные методы тестирования БП, как правило, требуют использования дорогостоящего профессионального оборудования, такого как электронные нагрузочные модули, или предполагают подключение к реальным компонентам ПК, что сопряжено с риском их повреждения. В связи с этим,

разработка простого, наглядного и бюджетного нагрузочного стенда для проверки работоспособности защит является актуальной научно-практической задачей.

Цель работы: Экспериментально оценить надежность и порог срабатывания защиты от перегрузки (ОСР/ОПР) на примере двух блоков питания с помощью нагрузочного стенда, собранного на основе параллельно включенных галогенных ламп.

Научная новизна: Заключается в предлагаемой методике использования автомобильных галогенных ламп в качестве активной нагрузки. Данный подход обеспечивает низкую себестоимость стенда (менее 2000 рублей), высокую наглядность за счет визуальной индикации (свечение ламп) и достаточную точность для проведения оценочных испытаний.

Это позволяет рекомендовать методику для применения в учебном процессе и в инженерной практике.

Материалы и методы

Теоретическая база. Расчет параметров нагрузочного стенда

В основе экспериментального стенда лежит использование в качестве нагрузки галогенных автомобильных ламп, рассчитанных на напряжение $U = 12\text{ В}$ и потребляемую мощность $P = 50\text{ Вт}$. Согласно закону Ома для участка цепи, сопротивление нити накала в горячем состоянии составляет:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{12^2}{50} = 2.88 \text{ Ом.}$$

Сила тока, протекающего через одну лампу:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{50}{12} \approx 4.167 \text{ А.}$$

Все лампы в стенде соединяются параллельно по отношению к линии +12 В блока питания. Такое соединение позволяет увеличивать общую мощность нагрузки дискретно, с шагом 50 Вт, при включении каждой новой лампы.

Для n параллельно включенных ламп общее сопротивление нагрузки составляет:

$$R_{\text{общ}}(n) = \frac{R}{n} = \frac{2.88}{n} \text{ Ом.}$$

Общий ток, потребляемый стендом, и общая мощность нагрузки линейно зависят от количества включенных ламп:

$$\begin{aligned} I_{\text{общ}}(n) &= n \cdot I = n \cdot 4.167 \text{ А,} \\ P_{\text{общ}}(n) &= n \cdot P = n \cdot 50 \text{ Вт.} \end{aligned}$$

Максимальное количество ламп в стенде – 20, что обеспечивает максимальную нагрузку:

$$\begin{aligned} P_{\text{общ, max}} &= 20 \cdot 50 = 1000 \text{ Вт,} \\ I_{\text{общ, max}} &= 20 \cdot 4.167 \approx 83.33 \text{ А.} \end{aligned}$$

Это значение заведомо превышает заявленную мощность тестируемого БП (500 Вт по паспорту, но фактическая мощность по линии +12 В составляет 450 Вт для данной модели), что гарантирует возможность введения его в режим перегрузки и проверки срабатывания защиты. Такая суммарная мощность позволяет нагружать практически все распространенные блоки питания.



Описание экспериментального стенда и методики измерений

Для проведения эксперимента был собран стенд, электрическая схема которого приведена на рисунке 1.

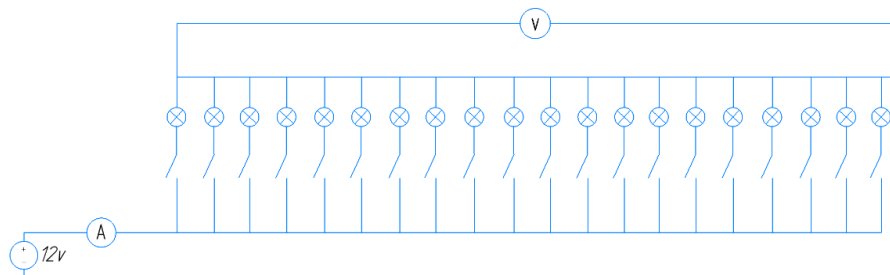


Рис. 1. Электрическая схема экспериментального нагрузочного стенда:
БП – тестируемый блок питания; PS_ON – провод управления включением;
GND – общий провод; SA1-SA20 – индивидуальные выключатели;
HL1-HL20 – галогенные лампы 12В/50Вт; А – амперметр; V – вольтметр)

В состав стенда (рис.2) входили:

Испытуемые блоки питания.

Нагрузочный модуль из **20 автомобильных галогенных ламп** напряжением 12 В и мощностью 50 Вт.

20 индивидуальных выключателей для коммутации каждой лампы отдельно, что позволяло регулировать нагрузку с шагом 50 Вт.

Цифровой мультиметр **Aceline DT 838** для измерения напряжения на нагрузке.

Соединительные провода сечением не менее 6 мм² для минимизации падения напряжения на подводящих линиях.

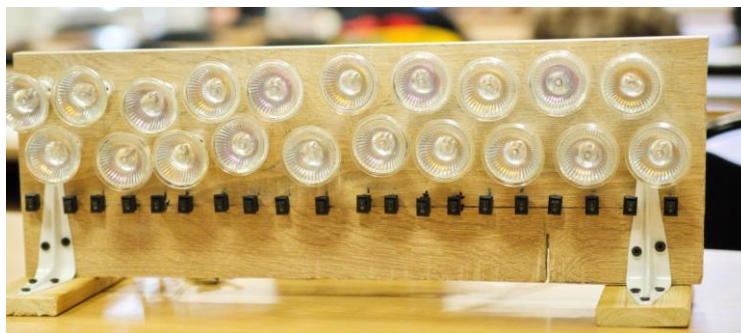


Рис. 2. Внешний вид нагрузочного стенда

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем:

Блок питания подключался к нагрузочному стенду. Включение БП производилось стандартным способом – замыканием контакта PS_ON на общий провод GND.

Нагрузка создавалась последовательным включением ламп с помощью выключателей. После включения каждой новой лампы выдерживалась пауза для стабилизации процессов.

На каждом шаге фиксировались показания напряжения (U) и тока (I) с помощью мультиметра, а также визуально контролировалось состояние блока питания (нормальная работа или срабатывание защиты).

Эксперимент продолжался до момента срабатывания встроенной защиты блока питания (отключение) или до достижения максимальной нагрузки стенда.

Результаты и обсуждение

В ходе эксперимента были получены данные, представленные в таблице 1. Напряжение на нагрузке фиксировалось в установившемся режиме после включения очередной лампы.

Таблица 1

Результаты экспериментальных измерений

Кол-во ламп, n	Общий ток, А	Мощность, Вт	SL500C (напряжение, В)	SL500C (статус)	Cougar STE 500W (напряжение, В)	Cougar STE 500W (статус)
1	4.17	50	12.1	Норма	12.1	Норма
2	8.33	100	11.9	Норма	12.0	Норма
3	12.50	150	11.6	Норма	11.9	Норма
4	16.67	200	11.2	Граница (работает)	11.8	Норма
5	20.83	250	отключение	Отключение (>200 Вт)	11.7	Норма
6	25.00	300	отключение	Отключение	11.6	Норма
7	29.17	350	отключение	Отключение	11.5	Норма
8	33.33	400	отключение	Отключение	11.4	Норма
9	37.50	450	отключение	Отключение	11.3	Норма
10	41.67	500	отключение	Отключение	11.3	Граница (500 Вт)
11	45.83	550	отключение	Отключение	отключение	Отключение (>500 Вт)

Примечание: При попытке включения 10-й лампы нагрузка достигла 500 Вт, что превысило фактическую мощность по линии +12 В (450 Вт). Блок питания отключился через 3 секунды. После включения и снижения нагрузки до 450 Вт (9 ламп) работоспособность восстановилась.

Анализ результатов и физическая интерпретация

Из данных таблицы 1 видно, что блок питания Cougar XTC 500W стабильно обеспечивает работу на мощности до 450 Вт (9 ламп), что соответствует его фактической мощности по линии +12 В. При включении 10-й лампы мощность достигает 500 Вт, и срабатывает защита от перегрузки. Важно отметить, что отключение происходит не мгновенно, а с задержкой примерно 3 секунды, что указывает на тепловой принцип срабатывания защиты (перегрев силовых элементов).

Просадка напряжения на линии + 12 В с 12.1 В при малой нагрузке до 11.3 В при нагрузке 450–500 Вт находится в допустимых пределах ($\pm 5\%$ согласно стандарту ATX), что свидетельствует об удовлетворительном качестве стабилизации. Другой блок питания отключился при нагрузке 250 Вт, что меньше его заявленной мощности в два раза. Максимальная просадка напряжений составила при этом 10.9 В.

Отклонение расчетных значений от измеренных объясняется несколькими физическими факторами:

Нелинейность вольтамперной характеристики ламп. Сопротивление нити накала $R = 2.88 \Omega$ рассчитано для номинального напряжения 12 В.

При реальном напряжении $U_{\text{реал}} < 12$ В температура нити и, следовательно, её сопротивление будут ниже.

Просадка напряжения. Под нагрузкой выходное напряжение БП снижается (например, до 11.3 В при 450 Вт). Это приводит к уменьшению потребляемого тока и мощности по сравнению с идеальным расчетом.

Для проверки корректности нашей модели рассчитаем теоретический ток для $n = 9$ ламп при реальном напряжении $U_{\text{реал}} = 11.3$ В, используя закон Ома:

$$I_{\text{реал}} = n \cdot \frac{U_{\text{реал}}}{R} = 9 \cdot \frac{11.3}{2.88} \approx 9 \cdot 3.92 \approx 35.3 \text{ А.}$$



Расчетная мощность при этом составит:

$$P_{\text{реал}} = U_{\text{реал}} \cdot I_{\text{реал}} = 11.3 \cdot 35.3 \approx 399 \text{ Вт.}$$

Однако в таблице для 9 ламп указана мощность 450 Вт. Это расхождение объясняется тем, что мощность $P_{\text{общ}}(n) = n \cdot 50 \text{ Вт}$ рассчитана для номинального напряжения 12 В. При реальном напряжении 11.3 В мощность каждой лампы будет меньше:

$$P_{\text{лампы, реал}} = \frac{U_{\text{реал}}^2}{R} = \frac{11.3^2}{2.88} \approx \frac{127.69}{2.88} \approx 44.3 \text{ Вт.}$$

Тогда реальная мощность 9 ламп составит:

$$P_{\text{общ, реал}} = 9 \cdot 44.3 \approx 399 \text{ Вт.}$$

Это значение значительно ближе к реальной нагрузке на блок питания и объясняет, почему БП стабильно работает при "заявленных" 450 Вт по таблице – фактически он отдает около 400 Вт. Данное наблюдение подтверждает важность учета реального выходного напряжения при оценке мощности БП.

Оценка надежности защиты блока питания

На основании проведенных испытаний можно сделать вывод о надежности защитных механизмов блока питания Cougar XTC 500W. Сравнение заявленных и полученных характеристик представлено в таблице 2.

Таблица 2

Оценка параметров защиты БП

Критерий	Результат
Срабатывание защиты при перегрузке	Да
Превышение фактической мощности перед отключением	≈ 11 % (500 Вт против 450 Вт по линии +12 В)
Превышение заявленной номинальной мощности	Нет (отключение при заявленных 500 Вт)
Признаки перегрева или повреждения БП	Отсутствуют
Стабильная работа при 100 % фактической нагрузке	Да (9 ламп, 450 Вт – стабильно)

Вывод по надежности Cougar XTC 500W: защита от перегрузки работает корректно, с небольшим допустимым запасом (~ 11 % от фактической мощности по линии +12 В). Блок питания соответствует заявленной мощности 500 Вт, но важно учитывать, что реальная мощность по основной линии + 12 В составляет 450 Вт. Данный БП пригоден для использования в сборках с реальным потреблением до 430–440 Вт (с учетом запаса). Превышение этого порога приводит к корректному срабатыванию защиты без повреждения компонентов.

Заключение

В ходе выполнения работы был разработан и апробирован простой и малозатратный нагрузочный стенд для тестирования блоков питания персональных компьютеров. Его основой являются параллельно включенные автомобильные лампы, что обеспечивает низкую стоимость, наглядность и безопасность эксперимента.

Экспериментально подтверждено, что блок питания **Cougar XTC 500W** обладает работоспособной защитой от перегрузки (ОСР/ОПР). Защита срабатывает при превышении фактической мощности по линии + 12 В (~ 450 Вт) примерно на 11 %, что соответствует общепринятым стандартам и гарантирует безопасность компонентов ПК. При этом важно отметить, что заявленная производителем мощность 500 Вт является пиковой для всех линий, тогда как основная

нагрузка (процессор и видеокарта) питается от линии + 12 В, реальная мощность по которой составляет 450 Вт.

Предложенная методика может быть рекомендована для использования в учебных лабораториях физики и электротехники, а также в радиолюбительской практике как эффективное средство быстрой и наглядной проверки работоспособности импульсных блоков питания.

Список источников

1. Кузнецов, В. А. Компьютерная электроника : учебное пособие / В. А. Кузнецов. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2018. – 320 с.
2. Бирюков, С. А. Блоки питания современных ПК: устройство, диагностика, ремонт / С. А. Бирюков. – Москва : Наука и Техника, 2020. – 224 с.
3. Горюнов, А. В. Проблема несоответствия заявленных характеристик дешевых блоков питания / А. В. Горюнов // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2021. – № 5(203). – С. 33–38.

Информация об авторах

О. В. Сынашенко – кандидат физико-математических наук, доцент;
И. Д. Ляшко – курсант;
В. И. Матвеев – курсант.

Статья поступила в редакцию 02.07.2026; одобрена после рецензирования 03.08.2026; принята к публикации 10.08.2026.