

Как выбрать климатическую камеру

Р. Валиев¹

УДК 621.3.019.3 | ВАК 2.2.2

Развитие новых технологий и связанное с этим появление новых устройств и материалов требует от разработчиков и производителей проведения работ по изучению свойств и тестированию новых образцов. Прогресс и конкуренция вызывают необходимость непрерывного обновления и совершенствования качественных и потребительских характеристик выпускаемых изделий. Для этих целей многие производственные предприятия, научные учреждения, крупные и средние компании организуют собственные испытательные лаборатории, оснащенные различным испытательным оборудованием, среди которого важное место занимают климатические камеры. В статье обсуждаются основные параметры климатических камер, предложены рекомендации по выбору и вводу в эксплуатацию данного типа испытательного оборудования.

Испытательная лаборатория является «лицом» компании. Зачастую для того, чтобы произвести впечатление и показать высокие стандарты качества на предприятии, контрагентам и заказчикам демонстрируют лабораторию. Конечно, если есть что показать. Ключевую роль в лаборатории играет испытательное оборудование. ГОСТ 16504-81 определяет испытательное оборудование как «средство испытаний, представляющее собой техническое устройство для воспроизведения условий испытаний».

Современные климатические испытательные камеры позволяют имитировать различные условия окружающей среды (рис. 1). Все многообразие различных форм воздействий внешних факторов на испытываемый образец можно свести к трем видам: климатические, температурные и механические.

На сегодняшний день на рынке России представлено широкое разнообразие испытательных камер различных производителей. После ухода компаний из ЕС, Японии, США их место быстро занимают российские и китайские производители.

Как не ошибиться при выборе испытательной камеры при таком большом количестве видов, брендов, дистрибьюторов? На что нужно обратить внимание, какие определить приоритеты, чтоб получить качественное оборудование не переплачивая?

Инженеры АО «Акметрон» подготовили краткую инструкцию по выбору климатической камеры.

ОБЪЕМ РАБОЧЕЙ КАМЕРЫ

Для того чтобы определиться с выбором необходимого объема рабочей камеры, нужно обратиться к ГОСТ Р 53618-2009 и ГОСТ Р 54083-2010. Как правило, подбирают камеру с полезным объемом, обеспечивающим зазор между стенкой камеры и краем образца не менее 100 мм (рекомендуется 150 мм). Для лучшей циркуляции воздуха и равномерности температуры рекомендуется выбирать камеру объемом больше на 20%, чем габариты испытываемого образца.

Приобретение камеры с большим объемом не сильно отразится на цене, но позволит иметь запас полезного объема камеры на случай испытаний более крупного образца. Кроме того, при наличии запаса по объему возможно тестировать одновременно несколько образцов, для этого необходимо предусмотреть наличие нескольких полок. Современные производители изготавливают камеры различного объема – от небольших настольных до вместительных модульных камер большого объема (рис. 2).

МАССА ОБРАЗЦА

Определившись с объемом, нужно определиться с максимальной массой образцов для того, чтобы производитель рассчитал конструкцию камеры и полок.

ТИП ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОБРАЗЕЦ

Различают следующие основные виды климатических камер, различающихся по типу воспроизводимых условий и методу испытаний:

¹ АО «Акметрон», руководитель направления испытательного оборудования, тел. +7 (987) 477-78-84, vrg@akmetron.ru.



Рис. 1. Испытательные камеры с имитацией различных условий окружающей среды

- камеры тепла и холода (КТХ) предназначены для проведения испытаний образцов на воздействие повышенной и пониженной температуры с рабочим температурным диапазоном от -70 до 180 °C и с различной скоростью изменения температуры;
- камеры тепла высокотемпературные (КТВ) предназначены для проведения испытаний образцов на воздействие повышенной температуры до 300 °C. Принудительная циркуляция воздуха обеспечивает однородность и точность поддержания температуры в рабочем объеме камеры;
- камеры тепла, холода и влаги (КТХВ) предназначены для проведения климатических испытаний образцов на воздействие повышенной и пониженной температуры в условиях повышенной и пониженной влажности (рис. 3);
- двухзонные и трехзонные камеры теплового удара (КТУ) предназначены для моделирования среды в условиях резкого перепада повышенных и пониженных температур. В двухзонных камерах обычно обеспечивается воздействие «тепло-холод», а в трехзонной камере имеется блок с промежуточной средней температурой;
- термобарокамеры (ТБК) – камеры давления для проведения климатических испытаний изделий и материалов на воздействие различных уровней температуры и влажности в условиях повышенного или пониженного атмосферного давления;
- камеры пыли и песка (КПП) предназначены для создания условий, необходимых для испытаний на проникновение частиц пыли и песка с воздействием неравномерной продувки сжатым воздухом для оценки пригодности к эксплуатации и хранению в определенных условиях;
- камеры солевого тумана (КСТ) предназначены для испытаний технических изделий, систем, материалов и покрытий на коррозионную устойчивость при воздействии солевого тумана. Климатическая

камера типа КСТ обеспечивает точное имитирование условий влажной атмосферы в присутствии солей, естественного эксплуатационного процесса коррозии при непрерывном или периодическом распылении солевого тумана (рис. 4);

- камеры дождя (КД) предназначены для проведения испытаний на устойчивость образцов к воздействию атмосферных осадков (дождя), на герметичность и влагопроницаемость;
- камеры быстрого изменения температуры, или камеры термоциклирования (КТЦ), предназначены для проведения испытаний образцов при больших скоростях нагрева или охлаждения, в том числе при циклических испытаниях с быстрой сменой температуры;
- камеры климатических испытаний с вибростендом (ККВ). Комбинированные климатические камеры с вибростендом позволяют моделировать



Рис. 2. Модульная климатическая камера

динамические воздействия на образец в различных климатических условиях;

- камеры старения ультрафиолетом (КСУ) позволяют исследовать изменения, происходящие с испытуемым образцом в условиях, приближенных к эксплуатации (рис. 5). Камеры старения позволяют значительно сократить затраты времени по сравнению с обычными натурными испытаниями на открытом воздухе.

Данный перечень является далеко не исчерпывающим. Из вышеприведенного списка можно выделить несколько примеров, когда камера одного типа может перекрывать по функционалу камеры двух видов как частично, так и полностью. Например, камера быстрого изменения температуры (КТЦ) обладает возможностями камер тепла и холода (КТХ), эта же камера позволяет проводить термострессовые испытания со скоростью нагрева/охлаждения 10 °C в минуту, что частично позволяет приблизиться к функционалу камер термоудара.

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ РЕЖИМЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ КАМЕР

Температурный диапазон большинства современных испытательных камер «тепло-холод» чаще всего составляет от -70 до 180 °C.

Существуют две основные системы охлаждения рабочего объема климатических камер:

- для достижения сверхнизких температур (до -190 °C), как правило, используют жидкий азот, который, поступая внутрь камеры, испаряется и поглощает тепло, и далее в газообразном состоянии выводится из камеры. Данный способ охлаждения в целях безопасности требует наличия системы вентиляции, так как, испаряясь, азот вытесняет кислород;

- для достижения температур до -80 °C используется система охлаждения замкнутого типа, по сути, это система, применяемая в домашних холодильниках. Холодильные системы замкнутого типа могут быть одно- и двухконтурные. Одноконтурная система охлаждения способна поддерживать температуру в рабочей камере до -40 °C.

ТОЧНОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В РАБОЧЕМ ОБЪЕМЕ

Современные климатические камеры могут обеспечить погрешность поддержания температуры до $\pm 0,5$ и ± 1 °C. В РФ, согласно действующим еще со времен СССР ГОСТам, существует требование к погрешности поддержания температуры в рабочем объеме не более ± 2 °C. Как правило, на российском рынке поставщиками заявляется данная погрешность. Если учесть совокупность различных факторов, таких как теплоемкость и тепловыделение образца, лучше иметь запас. Нужно помнить, что любое оборудование со временем в процессе эксплуатации теряет свои изначальные свойства. И возможно, что аттестовать камеру на выполнение требований к погрешности, предусмотренной стандартами с изначальным порогом ± 2 °C, через 3–5 лет без капитального ремонта будет невозможно.

В большинстве своем климатические камеры тепла и холода имеют две различные системы поддержания заданной температуры. В более простой и дешевой камере поддержание требуемой температуры в полезном объеме климатических камер происходит следующим образом: при достижении требуемой температуры охлаждения периодически включается ТЭН, который не позволяет температуре опуститься за требуемый предел.

В более точной и дорогой камере поддержание требуемой температуры происходит за счет PID-регулирования. Хладагент, перетекающий от конденсатора к испарителю, дозируется с помощью электронного регулятора потока. Таким образом достигается не только точность поддержания температуры, но также в разы снижается уровень потребляемой электроэнергии.

СКОРОСТЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЗАДАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Вот что действительно важно и на чем не стоит экономить! Основная часть от стоимости камеры – это стоимость установленных в нее агрегатов и систем. Качество и технические параметры комплектующих, из которых состоит камера, не всегда очевидны для заказчика. Скорость охлаждения и нагрева объема рабочей камеры является показателем уровня оснащения камеры. Обращаясь к стандартам РФ, регламентирующим скорость нагрева или охлаждения 2–3 °C/мин, этим требованиям соответствуют большинство камер. Но, исходя из доводов, приведенных выше, предлагаем более внимательно



Рис. 3. Климатические камеры тепла, холода и влаги (КТХВ)

отнестись к данному ключевому показателю. В том числе и от скорости достижения заданных значений температуры зависит такой параметр, как время выдерживания.

Время выдерживания – это время, которое требуется климатической камере для выравнивания температуры воздуха в камере и температуры непосредственно самого испытываемого образца. Время выдерживания также зависит от характеристик испытываемого объекта, например, такой как теплоемкость образца.

ВОЗМОЖНОСТИ ПО РАССЕИВАНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ

Если образец – электронное устройство, то он сам может излучать тепло. Во время испытаний важно получить однородность по температуре во всех точках камеры и непосредственно на образце. Возможности испытательной камеры к равномерному поддержанию температуры во всем рабочем объеме – один из ключевых параметров, влияющих на точность воспроизводимых условий испытания. Поэтому при выборе камеры необходимо прописать в ТЗ уровень теплового излучения образца для подбора камеры с достаточным уровнем рассеивания температуры.

ПОДДЕРЖАНИЕ ВЛАЖНОСТИ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

Если более точно озаглавить данный пункт, то он должен звучать как «соотношение температуры и влажности». Если брать во внимание только сухие цифры из технических характеристик климатических камер «тепла-холода-влаги», то можно подумать, что параметры влажности (RH) регулируются от 20 до 98 % во всем диапазоне рабочих температур.

На самом деле при определенном соотношении влажности и температуры в рабочей камере образуется конденсат. В точках образования конденсата результаты испытаний будут неверные. Для того чтобы проводить испытания, нужно изучить график соотношения температуры и влажности камеры и соотнести с параметрами согласного предполагаемого испытания.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРОЙ

Климатическая камера может управляться с помощью пульта (встроенного или выносного) с кнопочным или сенсорным вводом, встроенного промышленного компьютера или подключенного ПК. Здесь нужно ориентироваться на ваши требования к функционалу, удобству управления, комфорту и безопасности.

Рассматривать здесь плюсы и минусы вариаций исполнения пульта смысла нет. Обратим свое внимание на возможности, которые предоставляет компьютер.

Управление климатической камерой с помощью компьютера позволяет подключить к системе допол-



Рис. 4. Камера солевого тумана (КСТ)

нительные датчики, например тепловые сенсоры, устанавливаемые непосредственно на образец, и контролировать температуру одновременно с нескольких датчиков. Также ПК позволяет объединить несколько камер в единую систему, сохранять испытания в различных форматах, подключать к действующей у потребителя системе обмена файлами, проводить многоступенчатые сложные испытания.

Как правило, все климатические камеры имеют систему безопасности и аварийной остановки. Некоторые камеры оснащены функцией самодиагностики, системами фиксации ошибок, звукового и визуального извещения и даже отправки сообщений о нештатной ситуации посредством GSM-связи и Интернет.

Русификация интерфейса не является критичным фактором, но указывает на клиентоориентированность производителя и наличие сервисной поддержки.



Рис. 5.
Камера
старения
ультрафиолетом
(КСУ)

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И КОМПОНОВКИ КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЫ

Для выбора климатической камеры, которая будет задействована для выполнения различных задач, необходимо учитывать экономическую целесообразность приобретения более универсального оборудования, совмещающего в одной климатической камере характеристики различных по типу воздействий. На сегодняшний день производители выпускают испытательные камеры, в которых в одном корпусе имеется несколько рабочих камер. Данная конструкция позволяет проводить одновременные испытания в камерах с различными установленными режимами и типами испытаний. Хорошо продуманный выбор модели климатической камеры позволит сэкономить не только финансы, но и место в лаборатории.

ВАЖНЫЕ ВОПРОСЫ, КОТОРЫЕ НУЖНО РЕШИТЬ НА СТАДИИ ПРОРАБОТКИ ПРОЕКТА

Следует отдельно выделить важные вопросы, от которых зависит успешная реализация проекта по запуску климатической камеры:

- необходимо продумать монтаж и доставку камеры на место установки, прояснить возможности по перемещению оборудования к месту установки, либо сборки на месте;
- для проведения обслуживания оборудования необходимо предусмотреть отступы от стен помещения или другого соседнего оборудования;
- необходимо соблюдать режимы по температуре и относительной влажности в помещении на месте эксплуатации;
- следует согласовать параметры подключения климатической камеры к электропитанию с требуемыми параметрами;
- подача воды для увлажнения рабочей камеры небольшого размера должна осуществляться из штатной емкости для воды (стандартная комплектация в большинстве случаев);
- подача воды для увлажнения камер большого объема, как правило, осуществляется из системы водопровода через фильтр и деионизатор, вода при этом должна соответствовать требованиям изготовителя камеры;
- снабжение сжатым воздухом. Существуют климатические камеры с подачей сжатого воздуха для управления приводами, лифтами, заслонками и другими вспомогательными устройствами;
- наличие в корпусе камеры портала необходимой формы и размера для подключения к испытываемому образцу проводов и труб;
- размеры и конструкция двери;
- наличие или отсутствие смотрового окна. Подогрев и система очистки смотрового окна;

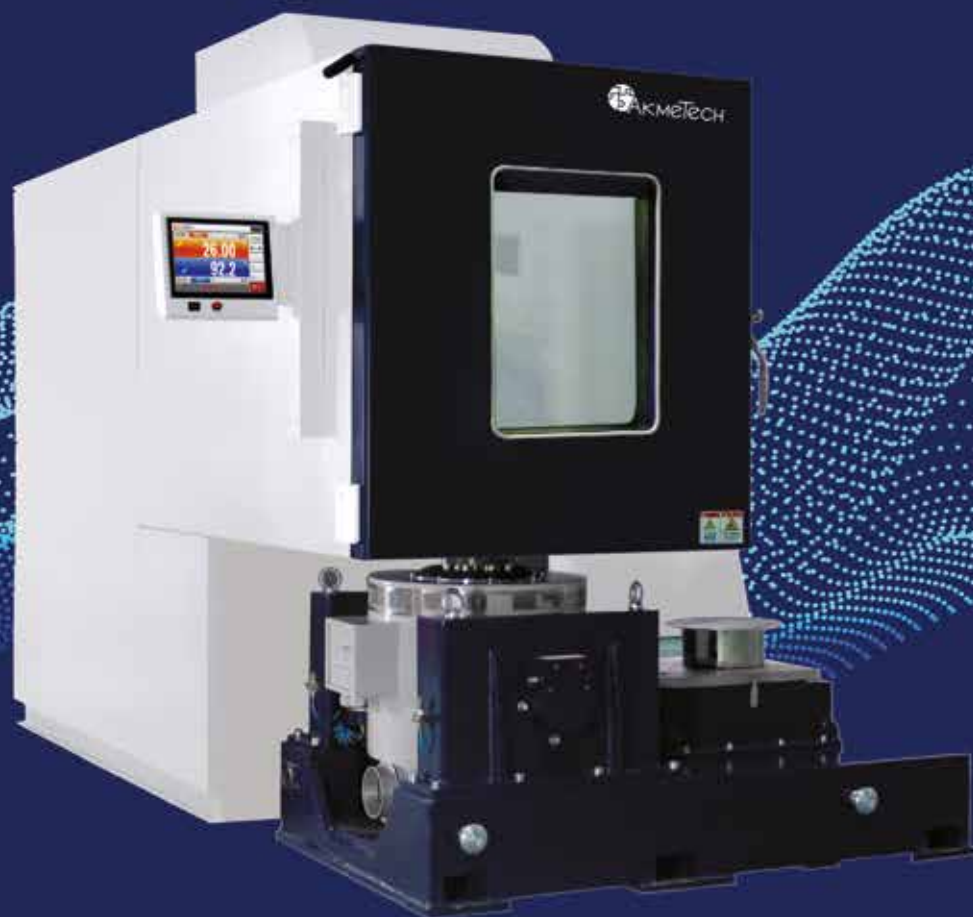
- очень важный параметр – продолжительность непрерывной работы. Климатические камеры малых и средних типоразмеров имеют воздушное охлаждение холодильной установки. При расположении камеры в помещении необходимо учитывать тепловыделение камер и соответственным образом устраивать систему приточно-вытяжной вентиляции;
- камеры больших размеров, камеры с быстрым изменением температуры при термоциклировании, камеры термоудара требуют интенсивного охлаждения холодильных установок. Существует три основных варианта подключения второго контура при водяном охлаждении:
 - подключение к индивидуальному охлаждающему устройству (чиллеру);
 - подключение к системе охлаждения (градирне);
 - подключение к водопроводу со сливом в канализацию (незамкнутый контур);
- качество изготовления и ремонтпригодность, сервис. При осмотре камеры нужно особое внимание обратить на качество материалов, из которых она изготовлена, и продуманность конструкции:
 - внутренняя поверхность камеры из нержавеющей стали, скругленные углы, отсутствие швов, однородность материалов позволит камере сохранить первоначальный вид и уберечь от коррозии. Чаще всего снаружи камеры изготавливаются из холоднокатаного стального листа с порошковым покрытием, но есть изготовители, выполняющие внешнюю отделку камеры из нержавеющей стали;
 - удобство обслуживания камеры, наличие быстрого доступа к узлам и агрегатам. Продуманная конструкция позволяет избежать сложного дорогостоящего ремонта. Стоит отметить важность наличия сервисной службы, наличие у производителя крупносерийного производства с обратным складом сервисных запасных частей, взаимозаменяемость комплектующих, наличие официального уполномоченного представителя на территории РФ.

Приобретение испытательного оборудования в большинстве случаев не является регулярной статьей расходов современного предприятия. Это оборудование приобретает «на долгие годы» и от того, насколько оно является качественным и современным, зависит, как долго оно прослужит. Изначально правильно сделанный выбор позволит избежать того, чтобы затраты на испытательное оборудование перешли в регулярную статью расходов на ремонт и поддержание жизнеспособности лаборатории. Предназначение испытательного оборудования – тестировать образцы, а не испытывать нервы работников на прочность. ●



ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

- КЛИМАТИЧЕСКИЕ КАМЕРЫ • ВИБРОСТЕНДЫ •
- СТЕНДЫ УДАРА • СТЕНДЫ ПАДЕНИЯ •



Новинка

ККВ АкмеТех

КЛИМАТИЧЕСКАЯ КАМЕРА С ВИБРОСТЕНДОМ

Объем рабочей камеры: до 1000 л

Температурный диапазон: от -70 до +150°C

Частотный диапазон виброустановки: 3 Гц - 3000 Гц

Амплитуда вибростола: 25-51 мм, по осям Z, X, Y.

☎ +7 (495) 252-00-96 ✉ info@akmetron.ru



Повышающий импульсный преобразователь напряжения с током нагрузки до 1,0 А

Для устойчивой работы электронной аппаратуры необходимо наличие стабилизированных напряжений питания, формирование которых осуществляется источниками питания. Применение интегральных микросхем в источниках питания делает аппаратуру более компактной и экономичной, позволяет обеспечить жесткие требования по параметрам. В настоящее время в источниках питания применяются микросхемы линейных стабилизаторов напряжения, микросхемы понижающих либо повышающих стабилизаторов (AC/DC- и DC/DC-преобразователей) и микросхемы управления для реализации сервисных функций. Основные достоинства импульсных источников питания заключаются в их способности обеспечить большую мощность в нагрузке, имея при этом высокий коэффициент полезного действия и малые габариты. Недостаток линейных стабилизаторов – это мощность, рассеиваемая в выходных каскадах, что ограничивает область их применения вследствие низких значений эффективности преобразования. В импульсных стабилизаторах переключение транзисторов выходного каскада выполняется с высокой частотой, при изменении тока нагрузки изменяется скважность сигнала управления для повышения эффективности преобразования. Реализация выходных каскадов позволяет коммутировать индуктивный элемент (обмотку трансформатора либо дроссель), в котором запасается энергия, пропорциональная времени открытого состояния транзистора. После закрытия транзистора энергия, запасенная в индуктивном элементе, передается в нагрузку. Благодаря тому, что транзистор работает в ключевом режиме и вся мощность падает на индуктивном элементе, достигается высокий КПД импульсных источников питания.

ОАО «ИНТЕГРАЛ» традиционно, много лет работает на рынке микросхем для источников вторичного электропитания. Для расширения номенклатуры поставляемой продукции в серийном производстве освоена микросхема повышающего импульсного преобразователя напряжения с током нагрузки до 1,0 А (IZ1308B). Учитывая низкие значения входного напряжения и малые значения собственного тока потребления она рассчитана на работу с электронными устройствами, использующими источники батарейного питания – Li-ion, NiCd, прежде всего носимые устройства, гаджеты. Разработанная микросхема по параметрам и выполняемым функциям способна заменить ряд зарубежных аналогов, к примеру – микросхему LT1308B от производителя LinearTechnology (США). Основные электрические параметры микросхемы IZ1308B приведены в табл. 1.

Таблица 1. Основные электрические параметры микросхемы IZ1308B

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Режим измерения	Норма		Темп. среды, °C
			не менее	не более	
Напряжение обратной связи, В	U_{oc}	–	1,19	1,25	–40; 85
Ток потребления, мА	$I_{пот}$	–	–	4	–40; 85
Ток потребления в ждущем режиме, мкА	$I_{пот. жд}$	$U_{вкл/выкл} = 0 В$	–	1	–40; 85
Ток смещения по выводу обратной связи, нА	I_{oc}	–	–	100	–40; 85
Нестабильность по напряжению, %/В	K_U	$1,2 В \leq U_{вх} \leq 2 В$	–	0,4	–40; 85
		$2 В \leq U_{вх} \leq 10 В$	–	0,2	–40; 85
Частота генерирования, кГц	$f_{ген}$	–	500	700	–40; 85
Максимальный коэффициент заполнения, %	$K_{зап. max}$	–	82	–	–40; 85
Порог срабатывания защиты от превышения выходного тока, А	$I_{вых. max}$	–	2	–	25±10
Входной ток высокого уровня по выводу включения/выключения, мкА	$I_{вх}^1$	$U_{вкл/выкл} = 1,2 В$	–	5	–40; 85
		$U_{вкл/выкл} = 6 В$	–	40	
Входной ток низкого уровня по выводу включения/выключения, мкА	$I_{вх}^0$	$U_{вкл/выкл} = 0 В$	–	0,1	25±10
Пороговое напряжение на входе LBI, мВ	U_{LBI}	–	196	204	25±10
			194	206	–40; 85
Напряжение низкого уровня на выводе LBO, В	U_{LBO_L}	$I_{LBO} = 50 мкА$	–	0,25	–40; 85
Ток утечки по выводу LBO, мкА	$I_{ут. LBO}$	$U_{LBI} = 250 мВ, U_{LBO} = 5 В$	–	0,1	–40; 85

Таблица 1. Продолжение

Наименование параметра, единица измерения	Буквенное обозначение	Режим измерения	Норма		Темп. среды, °С
			не менее	не более	
Ток смещения по выводу LBI, нА	I_{LBI}	$U_{LBI} = 150 \text{ мВ}$	–	$ -100 $	25 ± 10
Ток утечки по выходу, мкА	$I_{ут. \text{ вых}}$	$U_{вых1} = 5 \text{ В}$	–	10	$-40; 85$
Примечания.					
1. Нормы на электрические параметры специфицируются при $U_{вх} = 1,2 \text{ В}$, $U_{вкл/выкл} = U_{вх}$, если не указано иначе.					
2. Режим измерений и эксплуатации микросхемы должен обеспечивать температуру р-п-перехода не более $125 \text{ }^{\circ}\text{C}$.					

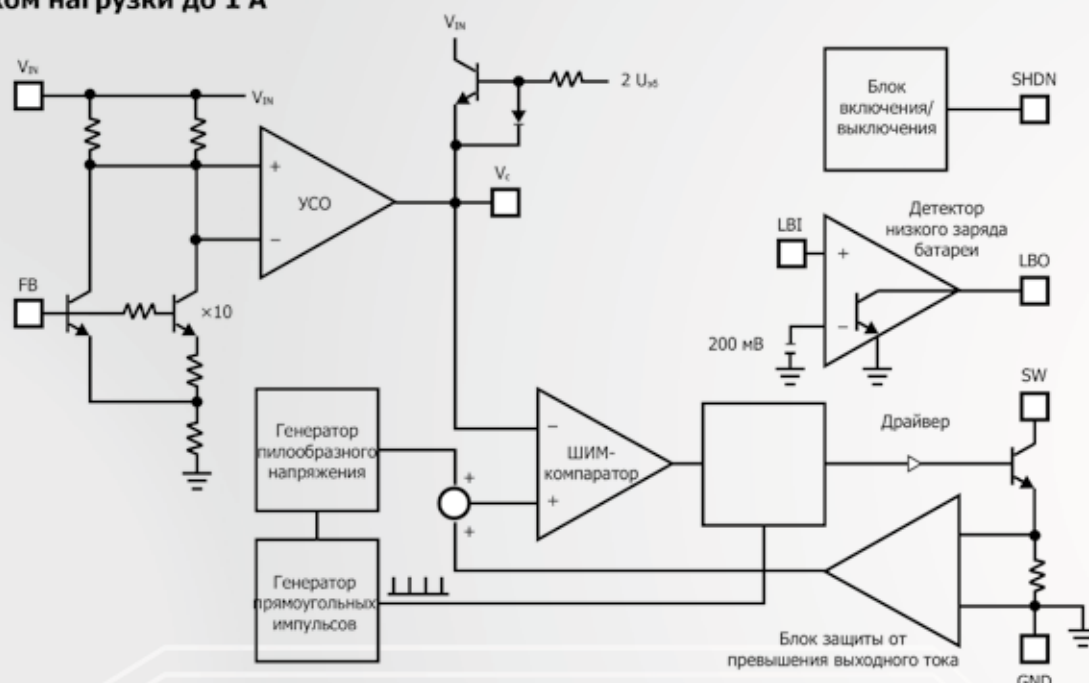
Разработчикам устройств электропитания необходимо обратить внимание на следующие отличительные параметры:

- широкое значение выходного напряжения преобразователя – регулируемое: от 1,22 до 34,00 В,
- высокое значение рабочей частоты преобразования: 600 кГц,
- значение тока в выключенном состоянии: не более 1 мкА,
- наличие детектора низкого входного напряжения,
- максимальный ток нагрузки: до 1 А (в зависимости от соотношения между входным и выходным напряжениями),
- высокая точность опорного напряжения детектора низкого заряда батареи: $200 \text{ мВ} \pm 2\%$.

Микросхема изготавливается по высоковольтному биполярному технологическому процессу с проектными нормами 2,0 мкм. Структурная схема микросхемы приведена на рис. 1. Микросхема содержит следующие основные блоки:

- источник опорного напряжения,
- генератор пилообразного напряжения и генератор прямоугольных импульсов,
- усилитель сигнала ошибки,
- ШИМ-компаратор,
- RS-триггер,
- блок включения-выключения,
- блок защиты от превышения выходного тока,
- выходной транзистор, обеспечивающий ток нагрузки не менее 1А,
- детектор низкого заряда батареи.

Рис. 1. Структурная схема повышающего импульсного преобразователя напряжения с током нагрузки до 1 А



Опорное напряжение детектора низкого заряда батареи 200 мВ задается с точностью $\pm 2\%$ в нормальных условиях и $\pm 3\%$ в диапазоне температур. Вывод включения/выключения включает микросхему, когда подключается к источнику напряжения 1,0 В и выше, и не требует подключения к VIN. Внутреннее напряжение компенсации VC обеспечивает улучшенные переходные характеристики, а напряжение выходного транзистора увеличено до 36 В, что позволяет использовать микросхему при более высоком выходном напряжении. Микросхема IZ1308B поставляется в бескорпусном исполнении в виде отдельных кристаллов и на общей пластине. Доступно к заказу исполнение в 8-выводном SO-корпусе (MS-012AA).