

УДК 628.385

**БИОГАЗ КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ВИД ТОПЛИВА
BIOGAS AS AN ALTERNATIVE TYPE OF FUEL**

А.Н. Медведева

Научный руководитель – В.В. Кравченко, к.э.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Medvedeva

Supervisor – V. Kravchenko, Candidate of Economic Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: В данной статье рассматривается перспектива получения биогаза путем переработки органических отходов и его использование в качестве альтернативного вида топлива.

Abstract: This article considers the prospect of biogas production by processing organic waste and its use as an alternative fuel.

Ключевые слова: альтернативное топливо, биогаз, анаэробный процесс, ферментер.

Keywords: alternative fuel, biogas, anaerobic process, fermenter.

Введение

В настоящее время мировые ресурсы истощаются и способствуют изменению климата. Поиск альтернативных видов источников энергии стал актуальной проблемой. В последние годы их развитие приобрело значительный импульс: уже сегодня широко распространено использование солнечной энергии, энергии ветра, энергии потоков рек, однако уже стоит вопрос о проблеме утилизации солнечных панелей. Одним из перспективных видов топлива для получения энергии является биотопливо, получаемое из органических веществ, растений и водорослей, сельскохозяйственных отходов, бытовых отходов (rdf топливо), которое предлагает более чистую и устойчивую альтернативу традиционным видам ископаемого топлива.

Предприятия тяжелой промышленности, а также энергетика наносят серьезный вред окружающей среде, поэтому ныне актуальными вопросами экологии являются вопросы переработки CO и CO_2 , уменьшение количества парниковых газов, а следовательно, и снижение парникового эффекта, уменьшение количества промышленных отходов и безопасная их переработка, поиск замены для традиционного топлива с целью уменьшить потребление основных природных ископаемых.

Основная часть

Биогаз по способу получения и «происхождения» можно разделить на: сельскохозяйственный, биогаз с очистных сооружений, свалочный и промышленный биогаз. Отличаются они не только способом получения, но также и своим составом.

Свалочный газ естественным образом образуется на свалках [3]. Одним из главных методов утилизации твердых бытовых отходов по всему миру остается их захоронение в приповерхностной геологической среде. В таких условиях

отходы активно разлагаются, что приводит к образованию свалочного газа, или биогаза. Он включает в себя не только парниковые газы, такие как метан и углекислый газ, но и токсичные вещества, такие как оксид углерода, оксиды азота, сероводород и диоксид серы. Сжигание отходов также высвобождает канцерогенные соединения, такие как бензол и бензапирен. Попадание свалочных газов в воздух негативно сказывается на окружающей среде как локально, так и глобально.

При анаэробном разложении органических отходов образуется большое количество метана, составляющего более 20 % от всего объема, ежегодно попадающего в атмосферу. С одной тонны твердых бытовых отходов (ТБО) получается около 200 м³ биогаза, который в первые 15-20 лет выделяется в объеме до 7,5 м³ в год, после чего активность снижается. Биогаз, считающийся одной из причин возгораний на полигонах, также вредит местной флоре, вытесняя кислород из почвы. Для устранения негативного воздействия необходимо сокращать выбросы биогаза в атмосферу. Снижение уровня загрязнения требует более разумного использования ресурсов, включая переработку твердых бытовых отходов. На хорошо управляемых участках этот газ отсасывается через систему трубопроводов и сжигается, и довольно часто он используется для выработки электроэнергии. Но для этого прежде всего биогаз очищают от примесей, таких как H_2S и силосаны, затем сжимают и направляют в газовые турбины для использования в качестве топлива.

Согласно простому принципу, один миллион тонн захороненных твердых бытовых отходов может за двадцать лет произвести свалочный газ, достаточный для питания газового двигателя мощностью 1 МВт.

Принцип получения свалочного биогаза, следующий (рис. 1): в теле полигона устанавливают перфорированные трубы, которые связываются системой трубопроводов. Далее с помощью воздуходувки газ вытягивают с полигона, затем сжимают, сушат и подают в двигатель, работающий на свалочном газе. Электричество, получаемое от станции, работающей на таком биогазе, обычно подается в теплотрассу. В большинстве случаев, поскольку нет спроса на выделяемое тепло, тепловую энергию можно преобразовать в дополнительное электричество [1].

Органические вещества, содержащиеся в сточных водах, также можно использовать для производства биогаза. Генерация биогаза происходит в метантенках в ходе разложения осадков сточных вод, полученных на очистных сооружениях. Обычно процесс очистки сточных вод разделен на два этапа: механический и биологический. Сначала сточные воды проходят через решетки, песколовки и первичные отстойники, после чего направляются на биологическую очистку в аэротенки. Оттуда смесь сточных вод и активного ила перемещается во вторичные отстойники. Далее образующийся в первичных отстойниках осадок и избыточный ил из вторичных отстойников поступают в метантенки. В этих них происходит разложение органических веществ под воздействием анаэробных микроорганизмов. Благодаря этому процессу происходит образование углекислого газа и метана. Полученный биогаз, согласно существующей системе, собирается в газгольдере, откуда затем

поступает в котельную. Помимо производства возобновляемой энергии, биогазовая установка также делает процесс очистки сточных вод более эффективным, снижая требования для дальнейшей очистки.

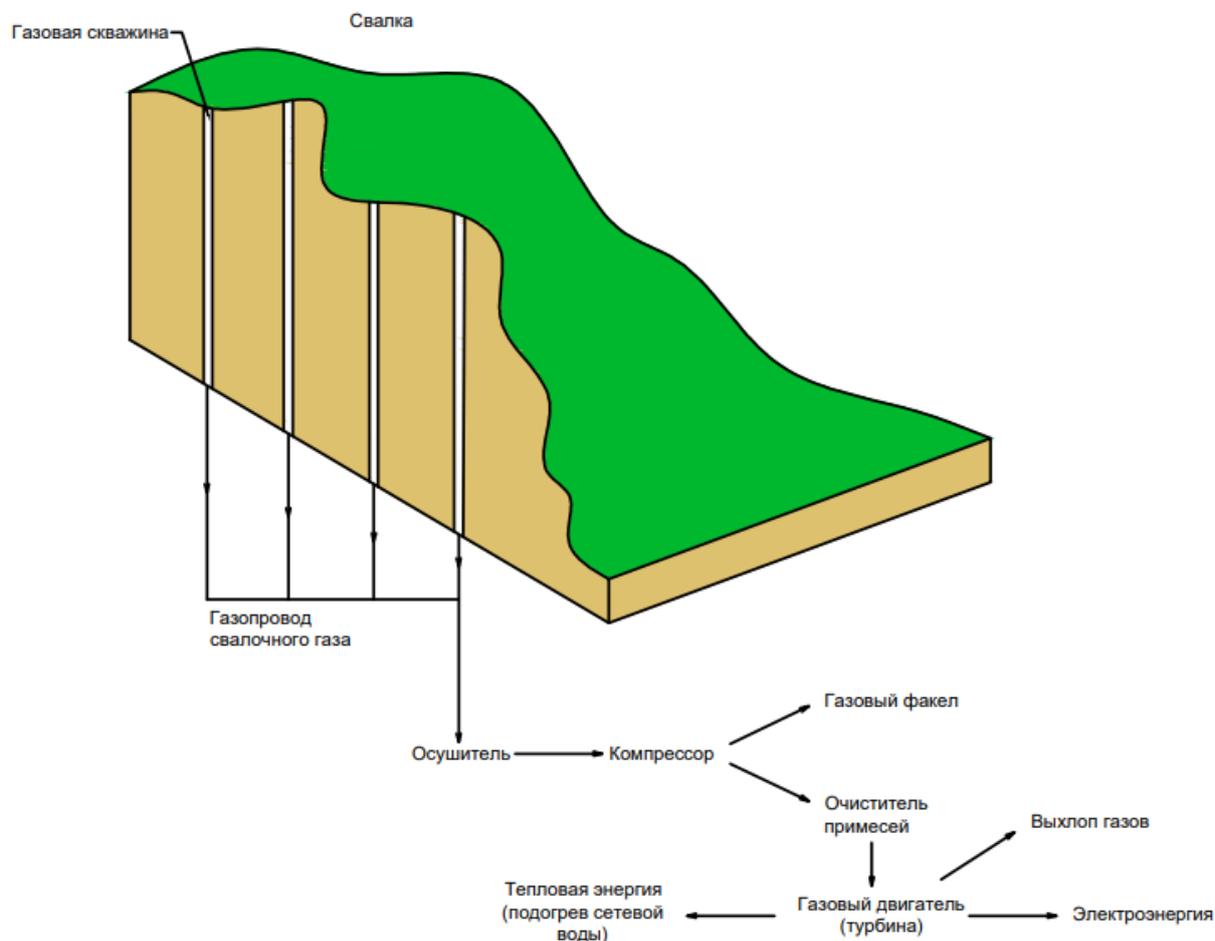


Рисунок 1 – Схема выработки и использования свалочного биогаза [1]

Пищевая промышленность может использовать отходы своего процесса производства для получения энергии в целях экономии. Этот процесс приносит пользу компании-владельцу биогазовой установки, поскольку производство может экономить на затратах на электроэнергию, вырабатывая свою собственную. Кроме того, завод может перерабатывать отходы в энергию, избегая расходы на транспортировку и утилизацию отходов. Эти факторы положительно влияют на энергоэффективность, снижение производственных издержек, а также за счет передовой технологии повышают конкурентоспособность предприятия.

Самым оптимальным вариантом получения биогаза является переработка сельскохозяйственных отходов, в особенности для стран с преобладающей аграрной промышленностью. Сельскохозяйственный биогаз формируется в результате ферментации навоза, а также других отходов, таких как остатки животных, растительности и пищевых продуктов. Процесс его образования не является чем-то новым в природе, поскольку биогаз образуется в анаэробных условиях, например, в болотах и трясинах, а также в пищеварительном тракте животных во время усвоения ими корма. Когда органические вещества

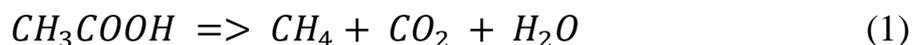
накапливаются без доступа кислорода, начинают действовать бактерии, которые производят метан (палочки, кокки, микоплазмы, спирали, спирохеты, и нити бактерий). При их воздействии запускается механизм образования газа.

Биогаз – это побочный продукт деятельности бактерий, который возникает при расщеплении ими органических веществ.

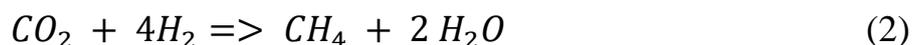
Начальным этапом процесса разложения является гидролиз. Микроорганизмы выделяют внеклеточные ферменты, которые влияют на разложение органических веществ, включая клетчатку, липазу, амилазу и протеазу. В процессе разложения при помощи ферментов происходит преобразование сложных высокомолекулярных органических веществ (белков, углеводов, жиров и целлюлозы) в более простые соединения — моносахариды, аминокислоты, жирные кислоты и воду.

Вторым этапом разложения является работа кислотопродуцирующих бактерий. В результате него в среде образуются первичные продукты брожения – преимущественно карбоновые кислоты, такие как метановая (муравьиная) кислота ($HCOOH$), этановая (уксусная) кислота (CH_3COOH), бутановая (масляная) кислота (C_3H_7COOH), пропановая (пропионовая) кислота (CH_3CH_2COOH), низкомолекулярные спирты, такие как этанол (C_2H_5OH) и некоторые газы: углекислый газ (CO_2), сероводород (H_2S), аммиак (NH_3), водород H_2 . Исходные вещества для получения непосредственно метана (уксусную кислоту, водород и углекислый газ) производят бактерии уксусной кислоты. Эти элементы являются источником пищи для метан-формирующих бактерий, которые преобразуют органические кислоты в биогаз.

Последняя ступень сбраживания представляет собой разложение уксусной кислоты на метан, углекислый газ и воду (1):



Также в дальнейшем происходит и дополнительное образование метана и воды из углекислого газа (CO_2) и водорода (H_2) (2):



Данные процессы происходят одновременно, более того, бактерии, образующие в конечном итоге метан, более прихотливы к условиям существования и протекания процессов, чем бактерии, образующие кислоты. Им необходима анаэробная среда и более длительный промежуток времени для воспроизводства. Процесс разложения органических веществ на отдельные составляющие их дальнейшее их преобразование в метан возможен только во влажной среде, поскольку бактерии способны перерабатывать только растворенные вещества. Кроме того, для протекания данной реакции необходима определенные температурные условия [4]. Существует 3 температурных режима, благоприятных для разложения и при которых возникают локальные максимумы интенсивности брожения. Объем биогаза, выделяемого в единицу времени чаще всего служит показателем интенсивности протекания этого процесса. Первый температурный режим, связанный с анаэробной ферментацией, называется психрофильным, он происходит в

диапазоне температур 15-25 °С. Второй диапазон температур характеризует мезофильный режим, при таком режиме брожение происходит при температурах 30-40 °С. Наконец, третий температурный режим известен как термофильный. Он характеризуется брожением, которое происходит в диапазоне температур 50-56 °С. Образующийся в результате биогаз имеет следующий состав, представленный в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Химический состав биогаза, полученного сельскохозяйственным путем

Вещество	Содержание, %
Метан (NH_4)	40-75
Углекислый газ (CO_2)	25-55
Водяной пар (H_2O)	0-10
Азот (N_2)	<5
Кислород (O_2)	<2
Водород (H_2)	<1
Сероводород (H_2S)	<2
Аммиак (NH_4)	<1
Водород (H_2)	<1

Наиболее распространенным получением биогаза в сельскохозяйственной промышленности является его получение за счет ферментации навозной жижи. Существует несколько путей его производства.

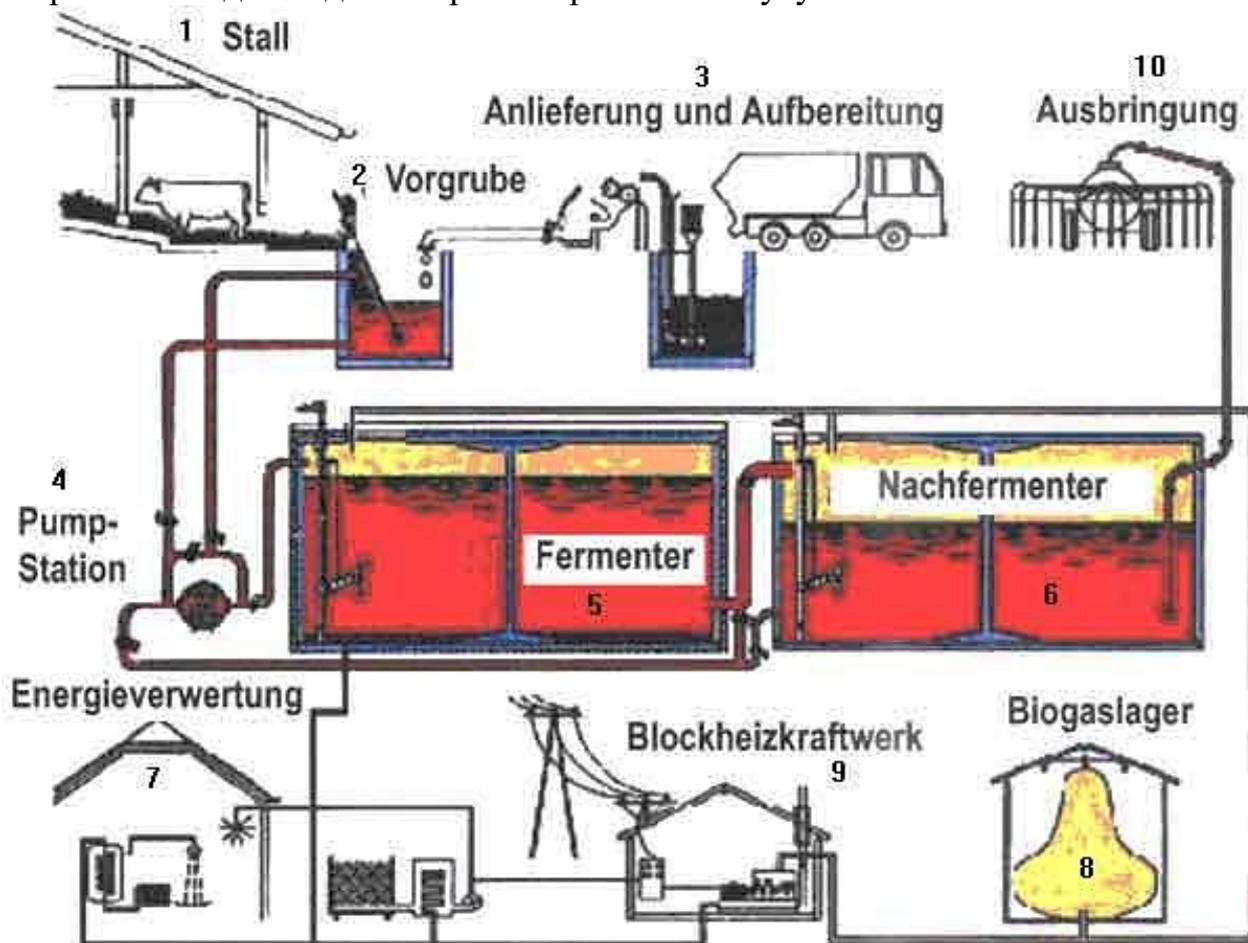
Первый вид установки для получения биогаза – это накопительная поточная система на базе герметичного контейнера для навозной жижи. Такая установка представляет собой емкость для навозной жижи, выполненную из бетона с помощью опалубки, расширенную до биогазовой установки. Складирование и ферментация осуществляются в одной емкости. Загрузка осуществляется непрерывно. Преимущественным является относительно малые размеры установки. В последнее время в эту систему добавляют также биогазовый накопитель.

Также существует накопительная поточная система с конечным ферментером. Данный тип установок является широко распространенным. Основной и конечный ферментеры образуют единое целое и могут быть обозначены как закрытая система.

В данной системе (рисунок 2) ферментер сооружается (как и в случае с герметичным хранилищем навозной жижи) как правило из бетона с помощью опалубки. Однако все чаще в качестве ферментера используются стальные емкости. Конечный ферментер также может быть выполнен из бетона, но может также изготавливаться из стали.

Третий вид установки – поточный ферментер с втулками, более известный как трубчатый ферментер. Хотя данное оборудование также оснащено специальной системой перемешивания, добиться однородной смеси не удастся, и субстрат вынужден проходить через ряд втулок. Основным элементом трубчатого ферментера является размещенный по оси перемешивающий лебедочный модуль. Такое размещение модуля формирует определенное направление для движения субстрата. Количество оборотов перемешивающего

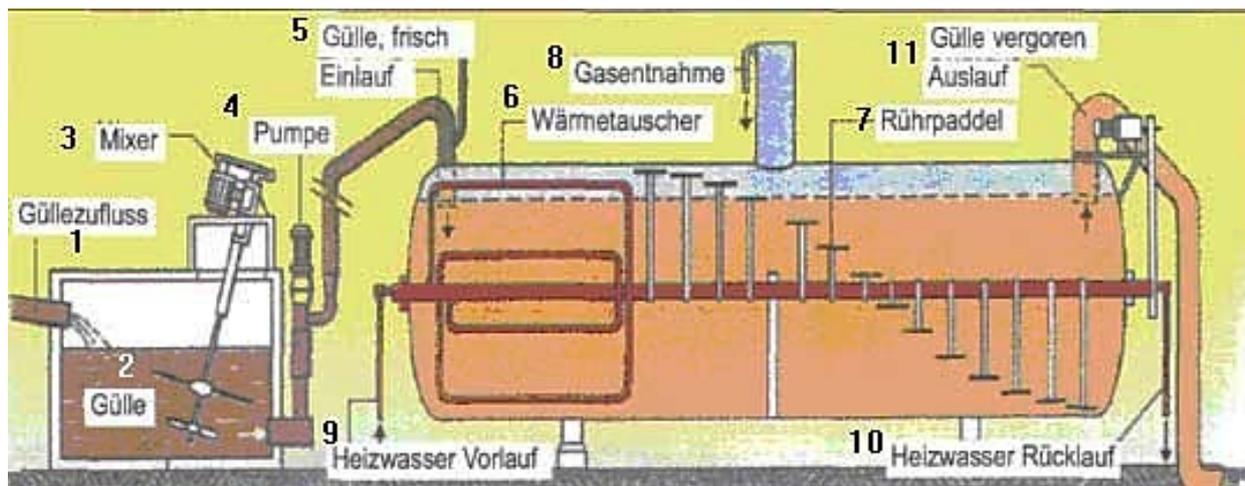
устройства варьируется, поэтому это значение получают исходя из средней скорости: от одного до четырех оборотов в минуту.



1 – хлев; 2 – приямок; 3 – подвоз и подготовка; 4 – насосная станция; 5 – основной ферментер; 6 – конечный ферментер; 7 – преобразователь энергии; 8 – хранилище биогаза; 9 – блочная тепловая установка; 10 – вывоз

Рисунок 2 – Накопительная поточная система с конечным ферментером [2]

Конструкция трубчатого ферментера представлена на рисунке 3: он включает в себя горизонтальный стальной резервуар вместе с проточным блоком и приямок для навозной жижи, в котором также может размещаться твердый навоз. Крайне важно, чтобы перекладки мешалки были расположены таким образом, чтобы они охватывали не менее 95% объема камеры ферментации. В зависимости от различных условий размещение этих перекладок может отличаться. Модуль перемешивания играет важную роль в создании компактных вихрей потока, которые дополнительно усиливаются точно установленными интервалами запуска, обычно устанавливаемыми каждые 15 или 30 минут. Такое время способствует эффективному удалению слоев как с поверхности, так и в осадке. Кроме того, система нагрева проточного ферментера с втулками может быть напрямую интегрирована в механизм перемешивания.



1 – подвод навозной жижи; 2 – навозная жижа; 3 – миксер; 4 – насос; 5 – подвод свежей навозной жижи; 6 – теплообменник; 7 – трубочная мешалка; 8 – забор газа; 9 – подвод горячей воды; 10 – отвод горячей воды; 11 – отток перебродившей навозной жижи

Рисунок 3 – Поточный ферментер с втулками [2]

Заключение

Если рассмотреть преимущества применения и оценить общий потенциал использования биогазовых установок, можно сделать вывод, что использование биогаза представляет собой отличную альтернативу традиционным видам топлива: газу, нефти и местным видам топлива и так далее. Биогаз – один из немногих типов возобновляемого топлива, который способен обеспечивать электроэнергию круглосуточно и удовлетворять теплофикационные потребности промышленных процессов. Однако применение и получение биогаза также имеют свои недостатки.

Как было упомянуто ранее, в состав биогаза входят также токсичные вещества, которые могут разрушить любой поршневой двигатель, использующий газ. Поэтому перед использованием в промышленных целях или в качестве топлива для турбин биогаз должен пройти определенный процесс очистки.

Поскольку производство биогаза является естественным, а не искусственным процессом, то его можно контролировать только относительно медленно.

Биогаз нередко остается вне внимания в обсуждениях о возобновляемых источниках энергии несмотря на то, что он обладает значительным потенциалом, а его преимущества не ограничиваются только генерацией электроэнергии. В ряде случаев местное производство биогаза может снизить уровень загрязнения почвы и водоемов, а также способствовать переработке ценных удобрений, таких как фосфаты.

Ввиду поиска замены ископаемому топливу и перехода к более чистым источникам энергии в последние годы количество биогазовых установок в Европе постоянно растет. Согласно последним данным Европейской ассоциации биогаза, в Европе работают 17 240 установок по производству биогаза и 367 установок по производству биометана общей установленной мощностью 8 293

МВт. Это примерно соответствует мощностям восьми средних атомных электростанций.

Литература

1. Производство электроэнергии из свалочного газа [Электронный ресурс] / Производство электроэнергии из свалочного газа | Энергетические решения | Дженбахер. – Режим доступа: <https://www.jenbacher.com/en/energy-solutions/energy-sources/landfill-gas/>. – Дата доступа: 12.10.2024.
2. Энергия биомассы. Проект ПРООН/ГЭФ [Электронный ресурс] / Энергия биомассы. Проект ПРООН/ГЭФ. – Режим доступа: https://energoeffect.gov.by/bioenergy/htdocs/mejdu_1.htm /. – Дата доступа: 12.10.2024.
3. Энергетический потенциал свалочного газа на полигонах ТБО [Электронный ресурс] / Энергетический потенциал свалочного газа на полигонах ТБ. – Режим доступа: <https://belfes.ru/Library/ТКО/Vladivostok.pdf> – Дата доступа: 11.10.2024.
4. Кучур, С.С. Биоэнергетика: учебно-методическое пособие / С.С. Кучур, С.П. Кундас. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 64 с.