

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
к проведению практических работ по дисциплине  
«Энерготехнология»**

Донецк  
2021

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**КАФЕДРА «ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ  
к проведению практических работ по дисциплине  
«Энерготехнология»  
для обучающихся по направлению подготовки  
05.03.06 «Экология и природопользование»  
профиль «Экологическая безопасность»  
всех форм обучения**

**РАССМОТРЕНО**  
на заседании кафедры  
прикладной экологии и охраны  
окружающей среды  
Протокол № 7 от 18.02.2021 г.

**УТВЕРЖДЕНО**  
на заседании учебно-издательского  
совета ДОННТУ  
Протокол № 3 от 10.03.2021 г.

Донецк  
2021

УДК 620.91:621.311.1(076)

М54

**Составители:**

Ганнова Юлия Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;

Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

**М54      Методические рекомендации к проведению практических работ по дисциплине «Энерготехнология» :** для обучающихся по направлению подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование» профиль «Экологическая безопасность» всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Каф. прикладной экологии и охраны окружающей среды; сост.: Ю.Н. Ганнова, С.В. Горбатко. — Донецк : ДОННТУ, 2021. – Систем. требования: Acrobat Reader. – Загл. с титул. экрана.

Методические рекомендации разработаны с целью оказания помощи обучающимся в усвоении теоретического материала и получении практических навыков по дисциплине «Энерготехнология», которые содержат задания для решения практических задач по курсу.

УДК 620.91:621.311.1(076)

## Содержание

Введение	5
Задачи для практики	6
Перечень рекомендованной литературы	12

## ВВЕДЕНИЕ

Предметом энерготехнологии является изучение наиболее общих свойств макроскопических материальных систем, проявляющихся в равновесных (и неравновесных) процессах обмена энергией между ними. Значение термодинамики среди других наук весьма велико, так как почти все явления природы в той или иной степени связаны с процессами преобразования энергии.

В настоящее время термодинамический метод исследования широко применяется при изучении самых разнообразных физических явлений и успешно используется в химии. Сейчас существует не только техническая термодинамика, рассматривающая процессы взаимного преобразования теплоты и механической работы, но также термодинамика химических и фазовых превращений, термодинамика электрических и магнитных явлений, термодинамика излучения и т. д.

В основе термодинамики лежит несколько абсолютных по своему существу положений – начал термодинамики. Среди них первое место занимает один из наиболее общих законов природы - закон сохранения и превращения энергии.

Характерным для термодинамики является то, что она привлекает закон сохранения и превращения энергии в специфической, присущей только термодинамике форме – в форме уравнения первого начала термодинамики Закон сохранения и превращения энергии, выраженный в этой форме позволяет установить непосредственную связь между физическими величинами, характеризующими влияние разнородных воздействий на некоторое материальное тело, свойства которого являются объектом исследования, или на некоторую систему, в которой происходят процессы подлежащие изучению.

## Задачи для практики

1. Манометр, установленный на паровом котле показывает 1,8 МПа. Определить давление пара в котле, если атмосферное давление 99 кПа.
2. Давление в конденсаторе паросиловой установки 12 кПа. Давление атмосферного воздуха 98, кПа. Определить разрежение в конденсаторе.
3. Чему равно абсолютное давление в резервуаре, если при температуре 30°C ртутный манометр показывает 1200 мм рт. ст., а ртутный барометр 750 мм рт.ст.? Температурное расширение ртути учитывать по формуле  $h_0 = h(1 - 0,00172 t)$ .
4. Масса 1 м<sup>3</sup> метана составляет 0,7 кг. Определить плотность и удельный объем газа.
5. Определить объем газа, если масса его 3 кг, а плотность 0,95кг/м<sup>3</sup>
6. Определить плотность газов SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O при н.у.
7. Определить удельный объем кислорода при давлении 2,3 МПа и температуре 280 °С.
8. Определить удельную газовую постоянную водяного пара.
9. Какой объем будет занимать моль идеального газа при температуре 15°C и давлении 750 мм рт.ст.?
10. В резервуаре емкостью 0,35 м<sup>3</sup> содержится кислород под давлением 5бар и температуре 28 °С. Барометрическое давление 750 мм. рт.ст. Определить количество кислорода.
11. При температуре минус 25 °С давление в баллоне с кислородом 8,55 МПа. Как изменится показания манометра, если баллон будет нагрет до 30 °С? Барометрическое давление принять равным 0,1МПа.
12. Сжатый воздух в баллоне имеет температуру 15°C. При пожаре значение температуры поднялось до 450°C. Взорвется ли баллон, если он выдерживает давление в 100 атм.? Начальное давление в баллоне 5 атм.
13. Определить массу воздуха, который находится в комнате площадью 25м<sup>2</sup> и высотой 3,2м. Принять, что значение температуры воздуха в комнате t=22°C, а барометрическое давление 986,5 гПа.
14. В воздухонагреватель парового котлового агрегата вентилятором подается воздух V=13×10<sup>4</sup> м<sup>3</sup>/час при температуре 30°C. Определить объемный расход воздуха на выходе из воздухонагревателя, если он нагревается до 400°C при постоянном давлении.
15. В баллоне емкостью 100 л содержится кислород при температуре 20 °С. Масса полного баллона 117 кг. Определить давление кислорода в баллоне, если известно, что масса пустого баллона 102 кг.
16. Определить массовую изобарную теплоемкость водяного пара, если известно, что его объемная изобарная теплоемкость составляет 1,59кДж/(м<sup>3</sup>К).

17. Газ при  $p=1,5\text{МПа}$  и плотности  $\rho=3,0\text{ кг/м}^3$  при охлаждении в теплообменнике изобарно сжимается при этом уменьшается в 3 раза. Определить удельную работу сжатия.

18. В сосуде объемом 300 л содержится азот под давлением  $p_1=7\text{МПа}$  и температуре  $t_1=400\text{ }^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты необходимо подвести, чтобы температура газа  $t=100^\circ\text{C}$ ? Условно считать  $c_v=0,73\text{кДж/(кгК)}$ .

19. Определить работу изобарного расширения газа от  $V_1=2\text{ м}^3$  до  $V_2=6\text{ м}^3$ , если  $p_{\text{изб}}=4\text{бар}$ ,  $p_{\text{бар}}=750\text{ мм.рт.ст.}$ . Определить изменение потенциальной энергии при данном процессе.

20. В обратном изотермическом процессе при  $t=227\text{ }^\circ\text{C}$  энтропия 2 кг газа увеличилась на  $0,46\text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$ . Определить теплоту процесса.

21. Определить какое количество теплоты необходимо подвести к 3 л воды с начальной температурой  $23\text{ }^\circ\text{C}$ , учитывая, что в процессе кипения спарилось 300 гр.

22. Определить расход воздуха в системе охлаждения дизеля мощностью  $N=38\text{ кВт}$ , если отводимая теплота составляет 75% полезной мощности двигателя, а температура охлаждающего воздуха повышается на  $15\text{ }^\circ\text{C}$ .

23. В газгольдере объемом  $15\text{ м}^3$  находится метан при  $p_1=0,8\text{ МПа}$  и  $t_1=10^\circ\text{C}$ . Под действием солнечной радиации температура газа на протяжении дня повысилась на 15 К. Какое давление установилось в газгольдере и какое количество теплоты воспринял газ? Теплоемкость метана считать независимой от температуры.

24. Определить изменение удельной энтальпии водяного пара в изохорном процессе. Начальное состояние пара характеризуется давлением  $100\text{ кПа}$  и температурой  $140^\circ\text{C}$ , конечное - температурой  $200^\circ\text{C}$ . Условно считаем, что пар имеет свойства идеального газа.

25. Внутренняя энергия азота при нагревании в изохорном процессе изменяется на  $29,8\text{ кДж/кг}$ . Начальная температура азота  $7^\circ\text{C}$ . Определить изменение удельной энтропии.

26. После сжатия горючей смеси в цилиндре карбюраторного ДВС установились параметры:  $p_1=1,5\text{ МПа}$  та  $t_1=365\text{ }^\circ\text{C}$ . Смесь загорается от электрической свечи и быстро сгорает (условно изохорно). Теплота, воспринятая рабочим телом составляет  $q_v=480\text{ кДж/кг}$ . Определить давление и температуру в конце процесса. Принять, что рабочее тело обладает свойствами воздуха, теплоемкость не зависит от температуры.

27. Колба электрической лампочки накаливания заполнена инертным газом. При работе лампочки средняя температура газа в колбе  $150^\circ\text{C}$  и давление  $760\text{ мм.рт.ст.}$ . Определить разрежение в лампочке при температуре  $20^\circ\text{C}$  и барометрическом давлении  $745\text{ мм.рт.ст.}$

28. В процессе сгорания при постоянном давлении в цилиндре внутреннего сгорания температура газа повышается от  $t_1=500^\circ\text{C}$  до  $t_2$

= 1500°C. Определить работу расширения на 1 кг газа, считая, что газ обладает свойствами воздуха.

29. В цилиндре с подвижным поршнем расширяется 0,3 м<sup>3</sup> воздуха при постоянном давлении 0,6МПа, совершая работу 100 кДж. Определить конечную температуру воздуха, если  $t_1 = 20^\circ\text{C}$ .

30. В цилиндре с подвижным поршнем первоначально содержится 0,2 м<sup>3</sup> ацетилена при +21°C. Поршень, свободно перемещаясь, поддерживает давление газа в 0,6МПа. Сколько работы выполнит газ, если его нагреть до +423К?

31. Воздух охлаждается в водяном воздухоохладителе системы кондиционирования от 35°C до 25°C при постоянном давлении. Расход воздуха 1800 м<sup>3</sup>/час. Определить расход охлаждающей воды, которая нагревается на 6°C.

32. Оксид углерода в количестве 1 кг, расширяясь при постоянном давлении 5 кПа, выполняет работу в 4,6 кДж. Начальная температура газа 17°C. Определить конечный объем газа и изменение его энтальпии и энтропии.

33. На изобарное сжатие азота в количестве 2,5 кг была потрачена работа в 10 кДж. При этом температура газа понизилась на 20 К. Определить изменение удельной энтальпии азота в этом процессе. Изохорную теплоемкость азота принять 0,73 кДж/(кг×К).

34. Во время изотермического процесса избыточное давление в сосуде с водородом увеличивают от 0,2МПа до 0,4МПа. Определить конечный объем водорода, если масса газа Н<sub>2</sub> составляет 0,022 кг, первоначальная плотность газа – 1,04 кг/м<sup>3</sup>.

35. При температуре  $t_1=20^\circ\text{C}$  1 кг углекислоты сжимается изотермически до десятикратного уменьшения объема. Определить конечное давление, работу сжатия и отводимую теплоту, если начальное давление 0,1МПа.

36. При изотермическом расширении 0,3м<sup>3</sup> кислорода давление понижается от 0,3 МПа до 0,1 МПа. Определить конечный объем и работу расширения, если  $t=20^\circ\text{C}$ .

37. При адиабатном расширении 2 кг кислорода получается работа, равная 26 кДж. Определить начальное давление и температуру, если конечные параметры соответствуют нормальным физическим условиям.

38. В цилиндре дизеля степень сжатия =  $\varepsilon$  (отношение объемов в начале и в конце адиабатного сжатия). Определить температуру  $t_2$  в конце адиабатного сжатия, если начальная температура  $t_1 = 60^\circ\text{C}$ .

39. Газ с начальными условиями: абсолютное давление  $p_1 = 150\text{кПа}$  и  $t_1=5^\circ\text{C}$  является сжатым в процессе, который описан показателем политропы  $n = 1,3$ . Когда температура достигает 25°C, каково будет значение давления?

40. Воздух первоначально находится при  $p_{\text{абс1}} = 200\text{ кПа}$  и  $t_1 = 35^\circ\text{C}$ . Конечное состояние воздуха после термодинамического процесса -



$p_{\text{абс}2} = 120 \text{ кПа}$  и  $t_2 = 10^\circ\text{C}$ . Определить показатель политропы. Какому термодинамическому процессу он соответствует?

41. Начальные условия для термодинамического сжатия:  $t_1=280^\circ\text{C}$ ,  $p_1=2,4 \text{ МПа}$ ,  $V_1 = 0,25 \text{ м}^3$ . Конечные условия:  $t_2=400^\circ\text{C}$  и  $p_2=3,2 \text{ МПа}$ . Определить показатель политропы  $n$  для процесса. Используя это значение  $n$ , рассчитать конечный объем.

42. Водород сжат от начального состояния  $p_1 = 0,14 \text{ МПа}$  и  $t_1=+5^\circ\text{C}$  до конечного состояния  $p_2 = 0,4 \text{ МПа}$  и  $t_2=+33^\circ\text{C}$ . Какой это термодинамический процесс? Приведите математическое обоснование.

43. При политропном сжатии 1 кг азота отводится 100 кДж теплоты и затрачивается работа 150 кДж. Определить конечную температуру газа, если начальная составляет  $15^\circ\text{C}$ .

44. Для двигателя, работающего по циклу Отто, заданы начальные параметры рабочего тела:  $p_1=1 \text{ бар}$ ,  $T_1=273 \text{ К}$ ,  $\rho_1=1,29 \text{ кг/м}^3$ . Для степени сжатия  $\varepsilon=7$  определить параметры рабочего тела во всех точках цикла (2 – после адиабатного сжатия, 3 – после изохорного подвода тепла, 4 – после адиабатного расширения). Определить термический КПД цикла. Построить зависимость мощности двигателя от секундного расхода топлива с теплотой сгорания 40 МДж/кг.

45. Для двигателя, работающего по циклу Дизеля, заданы начальные параметры рабочего тела:  $p_1=1 \text{ бар}$ ,  $T_1=273 \text{ К}$ ,  $\rho_1=1,29 \text{ кг/м}^3$ . Для степени сжатия  $\varepsilon=12$  и степени предварительного расширения  $\rho = 2$  определить параметры рабочего тела во всех точках цикла (2 – после адиабатного сжатия, 3 – после изобарного подвода тепла, 4 – после адиабатного расширения). Определить термический КПД цикла. Построить процесс в  $p$ - $v$  диаграмме.

46. Тепловой двигатель реализует свою работу в диапазоне температур  $2000 - 500^\circ\text{C}$ . Каков максимально возможный термический КПД двигателя, какое количество теплоты подводится к двигателю в единицу времени, отводится от него, если полезная мощность составляет 5 МВт.

47. Известно, что температура подвода тепла в цикле теплового двигателя составляет  $1800^\circ\text{C}$ , мощность подводимого теплового потока  $Q_1= 10 \text{ МВт}$  отводимого  $Q_2=6 \text{ МВт}$ . Определить температуру, при которой теплота отводится от двигателя.

48. Сжатый воздух начальных параметров  $p_1=5 \text{ МПа}$ ,  $t_1=1200^\circ\text{C}$  адиабатически расширяется в турбине до давления  $0,1 \text{ МПа}$ . Определить: - температуру газа после расширения; - работу, произведенную турбиной при расширении газа.

49. Идеальная газотурбинная установка, включающая в себя турбокомпрессор, камеру сгорания, в которой сжатый воздух подогревается за счет сжигания топлива и турбины, в которой расширяется смесь сжатого воздуха и продуктов сгорания, имеет производительность компрессора по воздуху  $1000 \text{ кг/ч}$ . Начальная температура воздуха  $20^\circ\text{C}$ ,

начальное давление 1 бар, давление сжатого воздуха 1,5 МПа, температуры сжатого воздуха после подогрева в камере сгорания 1200 °С, давление газов после турбины 1,1 бар.

50. Определить основные параметры работы идеальной ГТУ: - температуру воздуха после турбокомпрессора; - работу, необходимую для привода компрессора; - расход жидкого топлива (40 МДж/кг), сожженного в камере сгорания для достижения заданной температуры газов; - температуру газов после турбины; - работу, производимую турбиной; - полезную работу цикла; - термический КПД цикла.

51. Каким параметром характеризуется эффективность прямого термодинамического цикла? Приведите формулу.

52. Каким параметром характеризуется эффективность обратного термодинамического цикла? Приведите формулу.

53. Изобразите схему и цикл простейшей компрессионной холодильной машины в рабочей диаграмме (p-v – диаграмме). Запишите тепловой баланс холодильной машины.

54. Испарители малых холодильных машин. Классификация, принцип работы и область применения.

55. Как влияет температура конденсации на холодопроизводительность компрессора?

56. В каком элементе холодильной машины осуществляется процесс дросселирования?

57. Что такое тепловой насос? Схема и принцип действия теплового насоса.

58. Какие источники теплоты можно использовать как низкопотенциальную теплоту при работе теплового насоса?

59. Каким параметром характеризуется эффективность работы теплового насоса?

60. Используя фазовую i-s диаграмму воды (приложение 5), найти удельную энтальпию водяного пара с параметрами: а) p=0,2МПа и x=0,9; б) p=1МПа и x=0,8; в) p=2МПа и x=0,85?

61. По i-s диаграмме для воды определить энтальпию сухого насыщенного водяного пара при давлении 1,2 и 2,5 МПа.

62. По i-s диаграмме для воды определить энтальпию перегретого пара при: а) p= 2МПа и t1=300°С; б) p = 800 кПа t2=260°С.

63. По приложению 7 определить теплофизические свойства водяного пара на линии насыщения при t: а) 20°С; б) 120°С; в) 185°С.

64. Водяной пар имеет параметры: давление 3 МПа и энтальпия 3200 кДж/кг. Используя фазовую i-s диаграмму воды, определить все остальные параметры.

65. По диаграмме Моляе для водяного пара найти скрытую теплоту парообразования для воды при: а) t=50°С; б) p=0,02 МПа; в) p=1бар.

66. Используя фазовую i-s диаграмму воды, определить состояние водяного пара и все параметры, если i = 2260 кДж/кг и s = 6,75 кДж/(кг·К).

67. По диаграмме Моляе определить фазовое состояние и все недостающие параметры для точки С ( $t=80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $x=0,5$ ).

68. Паровая система нагрева низкого давления работает между  $0,14\text{ МПа}$  и  $0,103\text{ МПа}$  без перегрева и с индексом необратимости ( $\beta = 1,00$  (свободное расширение)). При какой температуре и в каком состоянии пар войдет в конденсатор? Сколько теплоты выделено в конденсаторе? Что является статическим началом?

69. ПСУ работает по циклу Ренкина, начальные параметры  $t=450\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $p_1=2,0\text{ МПа}$ . Давление в конденсаторе  $p_2=0,4\text{ МПа}$ . Определить термический к.п.д.

70. Определить термический к.п.д. цикла и теоретический удельный расход пара  $d$  на выработку  $1\text{ кДж}$  теплоты ГТУ, которая работает до  $p_2=5\text{ кПа}$ , при этом начальные параметры: а)  $p_1 = 3500\text{ кПа}$ ,  $t = 480\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

71. Определить характеристики цикла простейшей ПСУ при  $p_1=9,8\text{ МПа}$ ,  $t_1=480\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $p_2=3,5\text{ кПа}$ . Как измениться результат при повышении температуры перед турбиной до  $565\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

72. Используя  $h-s$ -диаграмму водяного пара, для цикла Ренкина, работающего при  $p_1=3500\text{ кПа}$   $t_5=450\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $p_2=100\text{ кПа}$ , определить: а) параметры пара на входе и выходе из турбины; б) полезную работу цикла (располагаемое теплопадение); в) теоретический удельный расход пара; г) термический к.п.д. цикла Ренкина.

73. Определить термический к.п.д. цикла ПСУ, если давление в котле  $p_1=24\text{ МПа}$ , температура пара перед турбиной  $t_1=500\text{ }^{\circ}\text{C}$ , давление в конденсаторе  $p_2=0,005\text{ МПа}$ .

74. Значение давления в котле и в конденсаторе ПСУ, которая работает по циклу Ренкина, соответственно,  $3$  и  $0,01\text{ МПа}$ . Определить термический к.п.д. цикла, если в турбину поступает: 1) сухой насыщенный пар; 2) перегретый пар с температурой  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

75. Параметры пара в ПСУ:  $p_1=15\text{ МПа}$ ,  $t_5=550\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p_2=0,005\text{ МПа}$ . В установке осуществлен вторичный перегрев при  $P' = 4\text{ МПа}$ . Определить термический к.п.д. цикла ПСУ.

## ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саулин, Д. В. Энерготехнология химических производств / Д. В. Саулин. — Пермь : Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2016. — 150 с. — ISBN 978-5-398-01536-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/110544.htm>
2. Шаров, Ю. И. Техническая термодинамика : учебно-методическое пособие / Ю. И. Шаров, О. К. Григорьева. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 40 с. — ISBN 978-5-7782-3761-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99225.html>
3. Стоянов, Н. И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) : учебное пособие / Н. И. Стоянов, С. С. Смирнов, А. В. Смирнова. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 226 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/63139.html>
4. Амирханов, Д. Г. Техническая термодинамика : учебное пособие / Д. Г. Амирханов, Р. Д. Амирханов ; под редакцией Е. И. Шевченко. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 264 с. — ISBN 978-5-7882-1664-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/63486.html>

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**  
**к проведению практических работ по дисциплине**  
**«Энерготехнология»**

**Составители:**

Ганнова Юлия Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ»;  
Горбатко Сергей Витальевич – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладная экология и охрана окружающей среды ГОУВПО «ДОННТУ».

**Ответственный за выпуск:**

Шаповалов Валерий Васильевич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная экология и охрана окружающей среды» ГОУВПО «ДОННТУ».