

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**ХАДЖИДИ А. Е., КОСЕНКО О. О., ЛЮТЫЙ А.Н.**

**ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ**  
**ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ПОДБОРА**  
**ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ**  
**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Краснодар, 2010

УДК 621.644.07:628.1(1-22)

ББК 39.71-022

X 14

Хаджиди А.Е., Косенко О.О., Лютый А.Н. Гидравлический расчет трубопроводов для подбора гидромеханического оборудования систем сельскохозяйственного водоснабжения. Учебное пособие к выполнению расчетно-графических и контрольных работ. – Краснодар, 2010. - 53с.

Рецензент заведующий кафедрой комплексных систем водоснабжения, доктор техн. наук, профессор Свистунов Ю.А. (ФГОУ ВПО «Кубанский госагроуниверситет»)

Учебное пособие предназначено для студентов инженерных факультетов специальностей 110302.65 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства», 140211.65 «Электроснабжение», бакалавров 110300.62 направления «Агроинженерия» и 110301.65 «Механизация сельского хозяйства», изучающих курс гидравлики.

Учебное пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения (протокол №7 от 01.03.10г.)

Учебное пособие одобрено, рекомендовано и использовано в учебном процессе методическими комиссиями факультетов механизации (протокол №7 от 28.04.10г.) и энергетики и электрификации (протокол №8 от 27.04.10г.)

Хаджиди Анна Евгеньевна

Косенко Олег Олегович

Лютый Александр Николаевич

© Кубанский Государственный Аграрный Университет, 2010г.

## СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ	5
1.1 Понятие о сельскохозяйственном водоснабжении населенных мест	5
1.2 Определение среднесуточных расходов водопотребителей	6
1.3 Определение максимальных расходов водопотребителей	7
2 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ	12
2.1 Трассировка сети трубопроводов	12
2.2 Определение расходов воды в трубопроводной сети	13
2.3 Гидравлический расчет трубопроводов	15
2.4 Проверка сети на пропуск пожарного расхода	16
3 ПОДБОР НАСОСА И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ	17
3.1 Определение подачи и напора насоса	17
3.2 Выбор типа и марки насоса	18
3.3 Построение характеристики трубопроводной сети. Определение рабочей точки насоса.	19
3.4 Подбор и расчет электродвигателя	21
ЛИТЕРАТУРА	22
ПРИЛОЖЕНИЯ	23

## **ВВЕДЕНИЕ**

Учебное пособие предназначено для студентов инженерных специальностей к выполнению расчетно – графических и контрольных работ, изучающих дисциплину гидравлика.

Основная цель учебного пособия – помочь студентам выработать навыки применения теоретических знаний для решения практических задач по гидравлике. Пособие позволяет студентам самостоятельно выполнять гидравлические расчеты по вычислению диаметров, напоров и расходов трубопроводов. Представлена методика гидравлического расчета трубопроводной сети для подбора гидромеханического оборудования систем сельскохозяйственного водоснабжения.

В учебном пособии содержатся приложения, в которых представлены необходимые справочные материалы, предназначенные для облегчения решения и усвоения задач по гидравлическому расчету трубопроводов.

# 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ

## 1.1 Понятие о сельскохозяйственном водоснабжении населенных мест

При гидравлическом расчете трубопроводных сетей систем сельскохозяйственного водоснабжения следует понимать следующие определения:

- водопровод — система непрерывного водоснабжения потребителей, предназначенная для проведения воды для питья и технических целей из одного места (обыкновенно водозаборных сооружений) в другое - к водопользователю (городские и производственные помещения) преимущественно по трубам или каналам выполненных в траншеях;

- тупиковый водопровод – система трубопроводов, состоящая из магистральной линии и ответвлений, которые отходят в виде тупиковых участков. В тупиковой сети вода движется в одном направлении — до конца ответвления. Тупиковая схема — кратчайшая по длине, но менее надежная относительно бесперебойной подачи воды.

- норма водопотребления – количество воды, необходимое для нужд потребителей объекта водоснабжения.

Проектируемую территорию населенных пунктов можно разделить на три сектора:

- коммунальный (население; больницы; бани; прачечные; торговые и развлекательные комплексы, полив газонов, цветников, зелёных насаждений; скот, птица в личном пользовании);

- животноводческий (животноводческие комплексы);

- производственный (заводы по переработке с/х и животноводческой продукции, кирпичные и т.д.).

Данные о водопотребителях и их количествах заносятся в табл. 1.1.

## 1.2 Определение среднесуточных расходов водопотребителей

Для каждой группы водопотребителей существуют определённые нормы потребления воды, определяемые по таблицам приложений 1-4. В зависимости от состава и количества потребителей эти нормы заносятся в таблицу 1.1.

Среднесуточные расходы воды каждой группы водопотребителей определяются по формуле:

$$Q_{cp.cym.i} = \frac{nq_{cp.i}}{1000}, \quad (1.1)$$

где  $Q_{cp.cym.i}$  - среднесуточный расход определённой группы водопотребителей, м<sup>3</sup>/сут;

$n$  - расчетное количество водопотребителей с учетом перспективного развития хозяйства в течение 10 ... 15 лет;

$q_{cp.i}$  - среднесуточная норма потребления, л/сут (прил. 1-4).

Среднесуточный расход каждого сектора определяется как сумма среднесуточных расходов групп водопотребителей, входящих в этот сектор. По данным табл. 1.1 определяют среднесуточные расходы:

- коммунального сектора ( $Q_{cp.cym.k}$  - м<sup>3</sup>/сут);
- производственного сектора ( $Q_{cp.cym.пр.}$  - м<sup>3</sup>/сут);
- животноводческого ( $Q_{cp.cym.ж.}$  - м<sup>3</sup>/сут).

Среднесуточный расход в населенном пункте определится как сумма среднесуточных расходов всех входящих в него секторов.

Всех потребителей, проживающих в сельском населённом пункте, можно сгруппировать в три сектора: коммунальный (население, проживающее в домах различной степени благоустройства; школы; больницы; бани; полив газонов и цветников; скот и птица в личном пользовании); животноводческий (молочно и свиноводческие фермы, птицефермы и пр.); производственный (предприятия по переработке сельскохозяйственной продукции, гаражи, мастерские и пр.).

Таблица 1.1 - Расчет среднесуточных расходов потребления воды в населенном пункте

№ п/п	Наименование групп водопотребителей	Количество водопотребителей, $n$	Средне - суточная норма водопотребления, $q_{ср.}$ , л/сут.	Средне - суточный расход, $Q_{ср.сут.}$ , $M^3/сут.$
1. Коммунальный сектор				
1. 2. и т.д.				
2. Животноводческий сектор				
1. 2. и т.д.				
3. Производственный сектор				
1. 2. и т.д.				
Суммарный среднесуточный расход объекта водоснабжения				

### 1.3 Определение максимальных расходов водопотребителей

Для того чтобы система водопроводной сети надёжно обеспечивала потребителей водой в любое время года, её рассчитывают по максимальному расходу с учетом коэффициента суточной неравномерности  $K_{сут.}$ . Для населённых пунктов в пределах России  $K_{сут.}$  принимается равным 1,3 для коммунального и животноводческого секторов, а для производственного  $K_{сут.} = 1,1$ .

Учитывая коэффициент суточной неравномерности, максимальные суточные расходы каждого сектора и всего посёлка определяют по формуле:

$$Q_{\max.сут} = Q_{ср.сут} \times K_{сут.} \quad (1.2)$$

При определении максимальных секундных расходов можно использовать типовые графики или таблицы распределения воды по часам суток (табл.1.2). В колонках 2, 4 и 6 табл. 1.2 показано типовое распределение воды по часам суток в процентах от собственного расхода в коммунальном, животноводческом и производственном секторах.

Необходимо определить, как распределяется вода по часам суток в процентах от общего какого-то конкретного расхода.

Для этого определяют весовые коэффициенты  $V_k$ ,  $V_{ж}$ ,  $V_{пр}$ , которые показывают, какую часть составляет расход данного сектора от расхода всего населенного пункта:

$$V_k = \frac{Q_{\max .сут.к}}{Q_{\max .сут.пос}}, V_{ж} = \frac{Q_{\max .сут.ж.}}{Q_{\max .сут.пос}}, V_{пр} = \frac{Q_{\max .сут.пр.}}{Q_{\max .сут.пос}} . \quad (1.3)$$

После проведения расчетов по формулам (1.3) производят проверку, исходя из условия, что сумма ( $V_k + V_{ж} + V_{пр}$ ) должна равняться 1. Значения данных в колонках 3, 5, 7 табл. 1.2 представляют произведения данных колонок 2, 4 и 6 табл. 1.2 на соответствующие коэффициенты  $V_k$ ,  $V_{ж}$ ,  $V_{пр}$ . Для того чтобы получить значения суммарных ординат (колонку 8 табл. 1.2), необходимо сложить значения данных колонок 3, 5 и 7 построчно.

Ординаты интегральной кривой за соответствующие часы определяют последовательным сложением суммарных ординат часового водопотребления (колонка 8).

Таблица 1.2 - Типовая таблица распределения воды по часам суток в процентах от собственного расхода для секторов населенного пункта.

Часы суток	Коммунальный сектор		Животноводческий сектор		Производственный сектор		Суммарная ордината часового водопотребления	Ордината интегральной кривой
	в % от собственного расхода	в% от общего расхода	в % от собственного расхода	в% от общего расхода	в %от собственного расхода	в% от общего расхода		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0-1	0,75		3,1		4,17			
1-2	0,75		2,1		4,17			
2-3	1,0		1,9		4,17			
3-4	1,0		1,7		4,17			
4-5	3,0		1,9		4,17			
5-6	5,5		1,9		4,17			
6-7	5,5		3,3		4,17			
7-8	5,5		3,5		4,17			
8-9	3,5		6,1		4,17			
9-10	3,5		9,1		4,17			
10-11	6,0		8,6		4,17			
11-12	8,5		2,9		4,17			
12-13	8,5		3,3		4,17			
13-14	6,0		4,3		4,17			
14-15	5,0		4,8		4,17			
15-16	5,0		2,9		4,17			
16-17	3,5		10,0		4,16			
17-18	3,5		4,8		4,16			
18-19	6,0		2,9		4,16			
19-20	6,0		3,1		4,16			
20-21	6,0		2,6		4,16			
21-22	3,0		6,5		4,16			
22-23	2,0		5,3		4,16			
23-24	1,0		3,4		4,16			
Итого	100 %		100 %		100 %			

Для того чтобы правильно рассчитать параметры основных элементов трубопроводной сети системы водоснабжения, нужно с достаточной точностью определить *максимальные секундные расходы* секторов, всего населённого пункта и отдельных объектов водоснабжения (максимальный секундный расход (л/с) посёлка в целом и соответствующие ему расходы по секторам):

$$q_{\max \text{ с.пос.}} = \frac{Q_{\max \text{ с.ут.пос.}} \cdot P_c \cdot 1000}{100 \cdot 3600}, \quad (1.4)$$

$$q_{\max \text{ с.к.}} = \frac{Q_{\max \text{ с.ут.пос.}} \cdot P_k \cdot 1000}{100 \cdot 3600}, \quad (1.5)$$

$$q_{\max \text{ с.ж.}} = \frac{Q_{\max \text{ с.ут.пос.}} \cdot P_{ж} \cdot 1000}{100 \cdot 3600}, \quad (1.6)$$

$$q_{\max \text{ с.пр.}} = \frac{Q_{\max \text{ с.ут.пос.}} \cdot P_{пр.} \cdot 1000}{100 \cdot 3600}, \quad (1.7)$$

где  $P_c$  - максимальное значение суммарной ординаты часового водопотребления в %;

Значения ординат  $P_k$ ,  $P_{ж}$ ,  $P_{пр}$  соответствующих секторов, взятые в % от общего расхода и лежащие на одной горизонтали с  $P_c$ . После проведения расчетов по формулам (1.5) - (1.7) производится проверка максимальных расходов из условия:

$$q_{\max \text{ с.пос.}} = q_{\max \text{ с.к.}} + q_{\max \text{ с.ж.}} + q_{\max \text{ с.пр.}}$$

Максимальные секундные расходы воды крупных водопотребителей, входящих в населенный пункт, определяются по формуле:

$$q_{\text{потр}} = \frac{n \cdot q_{\text{ср}} \cdot K_{\text{сут}} \cdot k_{\text{час}}}{T \cdot 3600}, \quad (1.8)$$

где  $q_{\text{потр}}$  - максимальный расход воды потребителем, л/с;

$n$  - пропускная способность помещения, чел;

$q_{\text{ср}}$  - среднесуточная норма водопотребления, л/сут;

$K_{\text{сут}}$  - коэффициент суточной неравномерности ( $K_{\text{сут}} = 1,3$ );

$T$  - время работы бани, ( $T = 16$  часов).

Например, для бани формула (1.8) запишется следующим образом:

$$q_b = \frac{n \cdot q_{cp} \cdot K_{сут} \cdot k_{час}}{T \cdot 3600}, \quad (1.9)$$

- где  $q_b$  - максимальный расход воды для бани, л/с;  
 $n$  - пропускная способность бани (количество посетителей), чел;  
 $q_{cp}$  - среднесуточная норма водопотребления, л/сут;  
 $K_{сут}$  - коэффициент суточной неравномерности ( $K_{сут} = 1,3$ );  
 $T$  - время работы бани, ( $T = 16$  часов).

Для больницы:

$$q_{бол} = \frac{n \cdot q_{cp} \cdot K_{сут} \cdot k_{час}}{T \cdot 3600}, \quad (1.10)$$

- где  $q_{бол}$  - максимальный секундный расход воды в больнице, л/с;  
 $n$  - число койко-мест;  
 $q'_{cp}$  - среднесуточная норма потребления, л/сут. (прил. 4);  
 $K_{час}$  - коэффициент часовой неравномерности ( $K_{час} = K$ );  
 $K_{сут}$  - коэффициент суточной неравномерности (принять 1,3);  
 $T$  - время работы больницы, час. (работает круглосуточно).

Аналогично определяются максимальные секундные расходы и других крупных водопотребителей, входящих в состав секторов объекта водоснабжения.

## 2 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ

### 2.1 Трассировка сети трубопроводов

Трассирование трубопроводной сети, в процессе которого ей придают определённое геометрическое начертание в плане, зависит от планировки объекта водоснабжения и размещения на его территории отдельных водопотребителей, рельефа местности, наличия естественных и искусственных препятствий для укладки труб. При трассировании водопроводной сети необходимо руководствоваться следующими положениями:

- главные магистральные линии нужно направлять по кратчайшему расстоянию к наиболее крупным водопотребителям, а также к насосной станции или от неё;

- водопроводные линии должны быть расположены равномерно по всей территории населенного пункта;

- магистральные линии следует прокладывать по возможности на наиболее возвышенных отметках местности;

- водопроводные линии следует располагать параллельно линиям застройки.

Пользуясь планом населенного пункта с указанными на нём водопотребителями, необходимо решить следующие задачи: выбрать место под напорно-регулирующее сооружение, наметить магистральный трубопровод и тупиковые ответвления к водопотребителям, выполнить нумерацию узлов и участков. Участком водопроводной сети называется расстояние по длине трубопровода между его узлами. Всё это необходимо нанести на план населенного пункта.

Напорно-регулирующее сооружение должно размещаться на наивысшей отметке территории НП (населенного пункта) согласно указанных высотных

отметках (на плане НП указаны горизонтали).

При проектировании магистральный трубопровод прокладывается вдоль длинной стороны НП, и от него по кварталам размещаются тупиковые отводы к водопотребителям.

После того, как произведена трассировка разводящей сети, необходимо замерить длины каждого участка и записать в табл. 2.1. В этой же таблице в графе «Примечания» значком «П» отметить те участки, на которых имеется путевая раздача воды водопотребителям, а значком «Т» - те участки, где проходит только транзитный расход.

Таблица 2.1 – Данные трассировки трубопроводной сети

№№ п/п	Наименование	Длина участка по планшету, см	Длина участка, м	Примечание
1.				
2.				
3.				
и т д.				

## 2.2 Определение расходов воды в трубопроводной сети

После трассировки разводящей сети необходимо определить расчетные расходы на каждом участке.

Максимальные секундные расходы промышленных предприятий и животноводческих комплексов будут являться расчетными на участках, подводящих воду к крупным водопотребителям при условии, что эти трубопроводы не служат для путевой раздачи воды.

Для определения расходов по всем остальным участкам сети условно считают хозяйственный расход равномерно распределённым по длине хозяйственных участков трубопровода, т. е. участков, на которых происходит путевая раздача воды потребителям.

Хозяйственный расход определяется по формуле:

$$q_{\text{хоз.}} = q_{\text{max с.к.}} - q_i, \quad (2.1)$$

где  $q_{\text{хоз.}}$  – хозяйственный расход, л/с;

$q_i$  – сосредоточенный расход крупных потребителей, входящих в состав коммунального сектора, л/с.

Находится удельный расход по формуле:

$$q_{\text{уд.}} = \frac{q_{\text{хоз.}}}{\sum l_{\text{хоз.}}}, \quad (2.2)$$

где  $q_{\text{уд.}}$  – удельный расход, л/с на 1 п. м.;

$q_{\text{хоз.}}$  – хозяйственный расход, л/с;

$\sum l_{\text{хоз.}}$  – сумма длин хозяйственных участков трубопровода, м.

Зная удельный расход, определяют путевой расход на каждом хозяйственном участке по формуле:

$$q_{\text{пут.}} = q_{\text{уд.}} \cdot l_{\text{уч.}}, \quad (2.3)$$

где  $q_{\text{пут.}}$  – путевой расход на участке, л/с;

$l_{\text{уч.}}$  – длина хозяйственного участка, на котором определяется путевой расход, м.

**Проверка.** Сумма всех путевых расходов должна быть равна хозяйственному расходу.

Важной задачей расчета является определение расчетных расходов, по которым подбираются диаметры трубопроводов. Расчетный расход определяется на каждом участке сети, причём его определение начинают вести с самого последнего участка сети по формуле:

$$q_{\text{расч.}} = q_{\text{тр.}} + 0,5 q_{\text{пут.}}, \quad (2.4)$$

где  $q_{\text{расч.}}$  – расчетный расход на участке, л/с;

$q_{\text{тр.}}$  – транзитный расход, проходящий через расчетный участок, л/с.

**Проверка.** Расчетный расход, проходящий по первому участку, должен быть равен максимальному секундному расходу проектируемого объекта.

### 2.3 Гидравлический расчет трубопроводов

При гидравлическом расчете сети определяют диаметр труб по участкам, а также потери напора на них.

Расчетный диаметр определяют по формуле:

$$d_p = \sqrt{\frac{4q_{расч}}{\pi V}}, \quad (2.5)$$

где  $d_p$  - расчетный диаметр, м;

$q_{расч.}$  - расчетный расход на участке, м<sup>3</sup>/с;

$V$  - скорость движения воды по трубопроводам, м/с.

Для расчета трубопроводов принимается так называемая «экономичная» скорость. Значения наиболее экономичной скорости, по которой суммарные затраты на строительство водопроводных линий и подачу воды минимальны, для труб малых диаметров составляют 0,6...0,9 м/с, для труб больших диаметров - 0,9...1,5 м/с. Более точно подбор экономически наивыгодных диаметров труб можно произвести по литературе [10].

При определении диаметра труб необходимо полученные величины расчетных диаметров, округлить их до ближайших стандартных диаметров (прил. 5,7,9,10) и произвести уточнение скорости движения воды по формуле:

$$V_d = \frac{4q_{расч}}{\pi d_{ст}^2}, \quad (2.6)$$

где  $V_d$  - действительная скорость воды в трубопроводе при принятом стандартном диаметре, м/с;

$q_{расч.}$  - расчетный расход воды на участке, л/с;

$d_{ст.}$  - принятый стандартный диаметр, м.

При определении потерь напора на участках пользуются формулой:

$$h_{\text{уч}} = A \times q_{\text{расч}}^2 \times l_{\text{к}} K \times B; \quad (2.7)$$

где  $h_{\text{уч}}$  - полные потери напора на участке, м;

$A$  - удельное сопротивление трубопровода /с<sup>2</sup>/м<sup>6</sup>/, взятое по прил. 5,7,9,10 в зависимости от диаметра и материала труб, с /м;

$q_{\text{расч}}$  - расчетный расход на участке, м<sup>3</sup>/с;

$l_{\text{к}}$  - длина участка, м;

$K$  - скоростной коэффициент, который определяется по действительной скорости воды в трубопроводе (прил.6,8,11);

$B$  - коэффициент, учитывающий потери напора в местных сопротивлениях

$B=1,1$ .

Определяя потери напора, необходимо стремиться, чтобы на каждом участке их величина не превышала 3 ... 5 м. Если потери напора больше 3... 5 м, то увеличивают диаметры трубопровода. Данные расчета заносят в табл. 2.2.

Таблица 2.2 – Гидравлический расчет водопроводной сети

№ №	Наименование участка	Расчетный расход, м <sup>3</sup> /с	Диаметр, мм		Длина участка, м	Расчетная скорость, м/с	Потери напора, м
			по расчету	по сортаменту			

#### 2.4 Проверка сети на пропуск пожарного расхода

Водонапорную сеть необходимо проверить на пропуск с учётом пожарного расхода. По СНИП 2.04.02-84\* [1] скорости воды в трубах в этом случае не должны превышать 2 ... 2,5 м/с и определяться по формуле:

$$V_{\text{пож.}} = \frac{4 \cdot (q_{\text{расч.}} + q_{\text{пож.}})}{\pi \cdot d_{\text{ст.}}^2} \quad (2.8)$$

Если расчётные скорости будут превышать допустимые, то необходимо увеличить диаметры труб на соответствующих участках (приложение 13).

### 3 ПОДБОР НАСОСА И ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

#### 3.1 Определение подачи и напора насоса

Расчётная подача насоса определяется по формуле:

$$Q_n = \frac{Q_{\max.сут.пос.} \cdot K_{н.с.}}{T \cdot 3600}, \quad (3.1)$$

где  $Q_{\max.сут.пос.}$  - максимально-суточный расход населенного пункта, м<sup>3</sup>/сут;

$K_{н.с.}$  – коэффициент, учитывающий расход воды на промывку фильтров и другие нужды насосной станции,  $K_{н.с.} = 1,09$ ;

$T$  – время работы насосной станции (по заданию), час.

Напор насоса, определяемый после полного расчета трубопроводной сети, должен обеспечивать требуемый свободный напор в сети населенного пункта или промышленного предприятия (с учетом его потерь в сети и рельефа местности). Для расчета напора насоса на плане населенного пункта выбирается точка, куда сложнее подать воду. Эта точка называется диктующей.

Напор насоса определяется по формуле:

$$H_n = H_{наг} + H_{всас} + \sum h, \quad (3.2)$$

где  $\sum h$  – суммарные потери напора в водоводе от насосной станции и до диктующей точки;

$H_{наг}$  - геометрический напор нагнетания, м;

$H_{всас}$  - геометрический напор всасывания, м.

Геометрический напор всасывания определяется по формуле:

$$H_{всас} = H_{вак} - \left[ (\alpha_{всас} + \xi_{вх} + \xi_{кл}) \cdot \frac{V_{всас}^2}{2g} + A_{всас} \cdot L_{всас} \cdot Q_{всас}^2 \right], \quad (3.3)$$

где  $H_{вак}$  - величина вакуума насоса (принимается в пределах 5-7 м, в зависимости от конструкции насоса) м;

$\alpha_{вс}$  - коэффициент неравномерности распределения скоростей,

(для  $Re < 2300$   $\alpha_{вс} = 2$ ; для  $Re > 2300$   $\alpha_{вс} = 1,1$ );

$\xi_{вх}$ ,  $\xi_{кл}$  – коэффициенты сопротивления при входе в насос и на обратном клапане, соответственно;

$V_{всас}$  – скорость во всасывающем трубопроводе, м/с;

$A_{всас}$  – удельное сопротивление всасывающего трубопровода,  $c^2/m^6$ ;

$L_{всас}$  – длина всасывающего трубопровода (от резервуаров чистой воды до насосной станции), м;

$Q_{всас}$  – расход насоса,  $m^3/c$ .

Геометрический напор нагнетания определяется по формуле:

$$H_{наг} = H_z + H_{св}, \quad (3.4)$$

где  $H_z$  – геодезический напор (разность отметок поверхности земли диктующей точки и насосной станции  $H_z = \nabla_{д.т.} - \nabla_{н.с.}$ ), м;

$H_{св}$  – свободный напор в диктующей точке, м.

Свободный напор – это пьезометрический напор в трубопроводе, отсчитанный от поверхности земли. Свободный напор должен обеспечивать нормальный водоразбор. При одноэтажной застройке минимальный свободный напор принимается 10м [2] (приложение 12).

### 3.2 Выбор типа и марки насоса

Рассчитав напор насоса  $H_H$  и подачу насоса  $Q_H$ , по каталогам находят марку насоса (прил.16).

Зная марку насоса, вычерчиваются графические характеристики насоса (рис. 3.1).

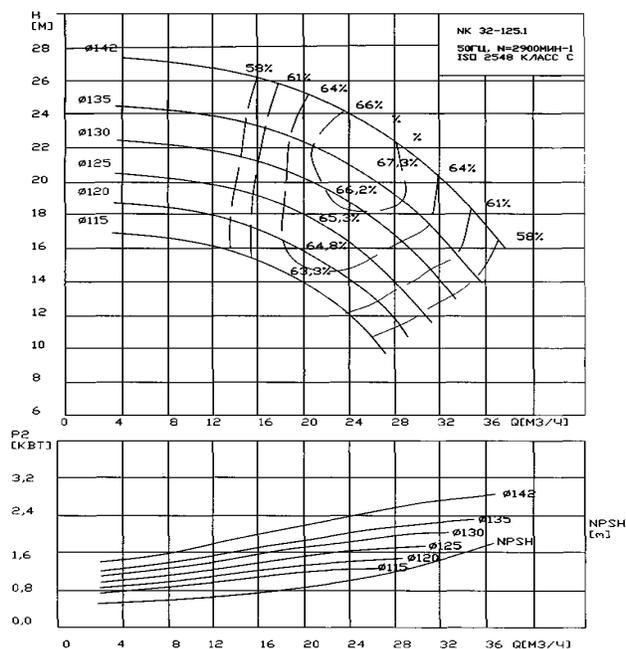


Рисунок 3.1 – Характеристика насоса

### 3.3 Построение характеристики трубопроводной сети. Определение рабочей точки насоса

Характеристика тупиковой трубопроводной сети рассчитывается по формуле:

$$H_i = H_{CT} + (\sum A_H \cdot l_H + A_{0-1} \cdot L_{0-1}) \cdot Q_i^2, \quad (3.5)$$

где  $H_i$  – напор центробежного насоса в зависимости от расхода на водопроводной сети, м;

$Q_i$  - расчетный расход водопроводной сети, м<sup>3</sup>/с.

Обозначим  $(\sum A_H \cdot L_H + A_{0-1} \cdot L_{0-1})$  через коэффициент водопроводной сети -  $K_{BC}$ . Примем, что  $H_i = H_H$ ,  $Q_i = Q_H$ . Тогда, из уравнения (3.6), получим

$$H_H = H_{CT} + K_{BC} \cdot Q_H^2. \quad (3.6)$$

После преобразования уравнения (3.7) коэффициент водопроводной сети примет вид:

$$K_{BC} = \frac{H_H - H_{CT}}{Q_H^2}, \quad (3.7)$$

где  $H_{CB}$  – статический напор насоса, м;  $H_{CT} = H_{наг} + H_{вс}$ .

Решая совместно уравнения (3.5 и 3.7), получим формулу для определения напора центробежного насоса в зависимости от расхода водопроводной сети

$$H_i = H_{CT} + K_{BC} \cdot Q_i^2. \quad (3.8)$$

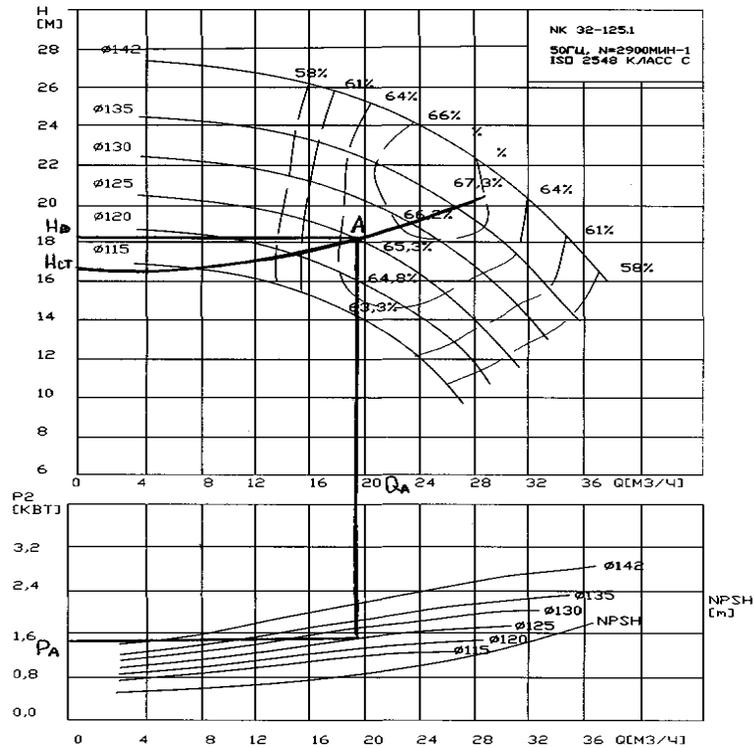
Задаваясь значениями расхода водопроводной сети  $Q_i$  в пределах  $(0.8 \div 1.4) \cdot Q_H$  и подставляя их в формулу (3.8), получим значения напора центробежного насоса  $H_i$  для соответствующего расхода воды. Полученные данные  $H_i$  и  $Q_i$  занесем в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристика трубопроводной сети

0	$0,8 \cdot Q_H$	$Q_H$	$1,2 \cdot Q_H$	$1,4 \cdot Q_H$
$H_{CT}$	$H_1$	$H_H$	$H_2$	$H_3$

На характеристику центробежного насоса  $H = f(Q)$  (рисунок 3.1), нанесем в том же масштабе характеристику водопроводной сети  $H_1 = f(Q_1)$  полученную в результате расчета таблицы 3.1.

Точка пересечения (т.А) характеристик насоса  $H = f(Q)$  и водопроводной сети  $H_1 = f(Q_1)$  является рабочей точкой насоса (рис. 3.2). Она показывает, что данный центробежный насос, работая на водопроводную сеть, развивает напор  $H_H$ , создает подачу  $Q_H$ , затрачивая определенную мощность  $P_H$ , при КПД насоса -  $\eta_A$ .



1—характеристика водопроводной сети; А— рабочая точка насоса.

Рисунок 3.2 – Характеристика марки центробежного насоса

### 3.4 Подбор и расчет электродвигателя

Расчетная мощность электродвигателя находится по формуле:

$$P_{ДВ} = \frac{Q_A \cdot H_A \cdot K_э}{\eta_A \cdot \eta_{пер}}, \quad (3.9)$$

где  $P_A = \frac{Q_A \cdot H_A}{\eta_A}$  - мощность, затрачиваемая на перекачку воды объемом  $Q_A$  при напоре  $H_A$ ;

$\eta_{пер}$  - КПД передачи ( $\eta_{пер}=1,0$ );

$K_э$  – коэффициент запаса мощности, принимается по таблице приложения 15 .

Зная  $P_{ДВ}$ , частоту вращения насоса –  $n$ , условия работы насоса, характеристику окружающей среды, подбирается электродвигатель для данного центробежного насоса (приложение 14).

## ЛИТЕРАТУРА

1. СНИП 2.04.02-84\* Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Москва, 1986.
2. Карамбиров Н.А. Сельскохозяйственное водоснабжение. М., 1978.
3. Карасев Б.В., Дечев В.И. Основы гидравлики, сельскохозяйственного водоснабжения и канализации. Минск, 1976.
4. Белан А.Е., Хоружий П.Д. Проектирование и расчет устройств водоснабжения. Киев, Будивельник, 1981.
5. Логинов В.П., Шуссер Л.М. Справочник по сельскохозяйственному водоснабжению. М., Колос, 1981.
6. Сомов М.А. Водопроводные системы и сооружения. М., Стройиздат, 1988.
7. Справочник по сельскохозяйственному водоснабжению. М., ВО «Агропромиздат», 1992.
8. Громадский А.В., Фетисов В.Д., Кузнецов Е.В., Аракельян Л.В., Ещенко О.Ю. Нормативные материалы и рекомендации по расчётам систем с/х водоснабжения. Краснодар, 1995.
9. Кузнецов Е.В., Хаджиди А.Е., Шаповалова О.В. Добыча и транспортировка питьевой воды к населенному пункту/Учебное пособие к выполнению курсового проекта. Краснодар: КубГАУ, 2009.
10. Добромислов А.Я. Таблицы для гидравлических расчетов трубопроводов из полимерных материалов. Москва: ВНИИМП, 2004.

## Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления для сельских населённых пунктов

№№ п/п	Степень благоустройства районов жилой застройки	Среднесуточная норма по- требления на одного жителя, л/сут
1.	Застройка зданиями, оборудованы- ми внутренними водопроводами и канализацией без ванн	125-160
2.	То же с ваннами и местными водо- нагревателями	160-230
3.	То же с централизованным горячим водоснабжением	230 – 350
4.	Застройка зданиями, не оборудован- ными внутренними водопроводами и канализацией с водоснабжением из водоразборных колонок	30-50

Примечание.

1. Нормами водопотребления учтены расходы воды на хозяйственно-питьевые нужды и бытовые нужды в жилых и общественных зданиях, за исключением расхода воды для домов отдыха, санаториев и пионерских лагерей.

2. Выбор норм водопотребления в пределах, указанных в приложении 1, должен производиться в зависимости от природно-климатических условий, мощности источника водоснабжения, степени благоустройства, этажности застройки, уклада жизни населения и других местных условий.

3. Для сельских населённых пунктов с числом жителей до 3000 чел. Следует принимать меньшую норму водопотребления.

4. Количество воды на нужды местной промышленности, обслуживающей местное население, и неучтённые расходы допускается принимать дополнительно в размере 5-10 % суммарного расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды населённого пункта.

5. При централизованной системе горячего водоснабжения с непосредственным отбором воды из тепловых сетей до 40 % общего расхода воды подаётся из сетей теплоснабжения.

## Нормы расхода воды для скота, птиц, зверей

№№ п/п	Наименование водопотребителей	Среднесуточная норма потребления на одну голову скота, птиц, зверей, л/сут
1.	Коровы молочные	100
2.	Коровы мясные	70
3.	Быки и нетели	60
4.	Молодняк крупного рогатого скота в возрасте до 2 лет	30
5.	Телята в возрасте до 6 мес.	20
6.	Лошади рабочие, верховые, рысистые и некормящие матки	60
7.	Лошади племенные и кормящие матки	80
8.	Жеребцы-производители	70
9.	Жеребята в возрасте до 1,5 лет	45
10.	Овцы взрослые	10
11.	Молодняк овец	6
12.	Хряки-производители, матки взрослые	25
13.	Свиноматки с поросятами	60
14.	Свиноматки супоросные, холостые	25
15.	Свиньи на откорме	15
16.	Куры	1
17.	Индейки	1,5
18.	Утки и гуси	2
19.	Норки, соболи	3
20.	Лисицы и писцы	7
21.	Кролики	3

**Примечание:**

1. Для молодняка птицы нормы следует уменьшить вдвое.
2. В жарких и сухих районах допускается увеличение нормы на 25 %.
3. В нормы включён расход воды на мойку помещения, клеток, молочной посуды, приготовление кормов и т. д.
4. На удаление навоза принимается дополнительный расход воды в размере от 4 до 10 л на голову в зависимости от способа его удаления. Норму водопотребления для скота и птиц, находящемся в личном пользовании населения, допускается снижать для крупного рогатого скота на 40 %, для остального скота и птиц на 30 %.

Нормы расхода воды на хозяйственно-питьевые нужды на промышленных предприятиях на 1 человека в смену для цехов с тепловыделениями более 20 ккал на 1 м<sup>3</sup> принимается 45 л, в остальных случаях – 25 л.

Расходы воды на производственные нужды промышленных и сельскохозяйственных предприятий определяется на основании технологических данных. Для ориентировочных расчётов расхода воды можно пользоваться нормами водопотребления на единицу продукции. Так на 1 т перерабатываемой продукции затрачивается воды на заводах молочных, консервных 10 ... 15 м<sup>3</sup>, в хлебопекарнях – 1,7 м<sup>3</sup>, сыроваренных, маслодельных 35 ... 40 м<sup>3</sup>.

При отсутствии данных о площадях зеленых насаждений посёлков на их полив принимают ориентировочно на одного жителя 50 ... 90 л/сут.

На заправку водой: одного трактора или комбайна расходуется до 1 л/сут на каждую лошадиную силу, установленных на них двигателей; одной автомашины – 10 л/сут на 1 т её грузоподъёмности. На мойку автомашин грузоподъёмностью до 3 т требуется 400 ... 500 л воды, тракторов – 300 ... 600 л; на одну ремонтируемую машину или трактор в мастерской - 1 м<sup>3</sup> /сут.

## Нормы хозяйственно-питьевого водопотребления в отдельных зданиях

Водопотребитель	Измеритель	Норма расхода воды в сутки максимального водопотребления, л/сут
Больница	1 койка	250
Детские ясли-сады с дневным пребыванием детей	1 ребёнок	75
Бани	1 посетитель	180
Прачечные механизированные	1 кг сухого белья	75
Столовые	1 блюдо	12

Удельные сопротивления  $A$  ( $\text{с}^2/\text{м}^6$ ) при  $V=1\text{м}/\text{с}$  для пластмассовых труб  
(ГОСТ 18599-83)

Наружный диаметр, мм	Средний тип СЛ при $Q$ в $\text{м}^3/\text{с}$	Средний тип С при $Q$ в $\text{м}^3/\text{с}$	Тяжелый тип Т при $Q$ в $\text{м}^3/\text{с}$
10	-	-	453600000
12	-	-	100900000
16	-	-	121200000
20	-	-	2655000
25	-	-	757100
32	-	-	204800
40	-	-	62290
50	-	-	19720
63	-	-	5929
75	-	-	2390
90	-	-	926,8
110	-	-	323,9
125	-	-	166,7
140	-	-	91,62
160	-	-	45,91
180	-	-	24,76
200	-	-	14,26
225	-	-	7,715
250	-	-	4,454
280	-	-	2,459
315	-	0,8761	-
355	-	0,4661	-
400	-	0,2502	-
450	-	0,1351	-
500	0,06322	-	-
560	0,03495	-	-
630	0,01889	-	-

Значения поправочного коэффициента  $k_3$  в зависимости от скорости  $V$  для  
 вычисления удельного сопротивления  $\Lambda$  пластмассовых труб

$V, \text{ м/с}$	$k_3$	$V, \text{ м/с}$	$k_3$	$V, \text{ м/с}$	$k_3$
0,22	1,439	0,8	1,052	1,9	0,865
0,25	1,368	0,85	1,043	2	0,855
0,3	1,313	0,9	1,024	2,1	0,846
0,35	1,268	1	1	2,2	0,837
0,4	1,23	1,1	0,991	2,3	0,828
0,45	1,198	1,2	0,96	2,4	0,821
0,5	1,17	1,3	0,943	2,5	0,813
0,55	1,145	1,4	0,926	2,6	0,806
0,6	1,123	1,5	0,912	2,7	0,799
0,65	1,102	1,6	0,899	2,8	0,792
0,7	1,084	1,7	0,887	2,9	0,786
0,75	1,067	1,8	0,876	3	0,780

Приложение 7

Удельное сопротивление  $A$  асбестоцементных труб класса ВТ9, тип 1 (ГОСТ 539-80)

Условный проход $d$ ,мм	Значения $A$ при $Q$ , м <sup>3</sup> /с	Условный проход $d$ ,мм	Значения $A$ при $Q$ , м <sup>3</sup> /с
100	187,7	300	0,9140
150	31,55	350	0,4342
200	6,898	400	0,2171
250	2,227	500	0,07138

Внутренний диаметр  $d_p$ , мм, асбестоцементных труб разных классов (ГОСТ 539-80)

Условный проход $d$ ,мм	ВТ6			ВТ9			ВТ12			ВТ15		
	Тип 1	Тип 2	Тип 3									
100	104	-	-	100	-	-	96	-	-	-	-	-
150	146	-	-	141	-	-	135	-	-	-	-	-
200	195	200	196	189	196	189	181	188	181	-	180	176
250	244	248	-	235	242	-	228	234	-	-	226	-
300	289	292	286	279	286	279	270	276	270	-	267	256
350	334	337	-	322	329	-	312	317	-	-	307	-
400	381	385	-	368	377	-	356	363	-	-	352	-

## Приложение 8

Поправочные коэффициенты  $k_2$  в зависимости от скорости  $v$  для вычисления удельного сопротивления  $A$  асбестоцементных труб

$V, \text{ м/с}$	$k_2$						
0,2	1,208	0,85	1,025	2,1	0,905	3,8	0,85
0,25	1,257	0,9	1,016	2,2	0,9	4	0,846
0,3	1,217	1	1	2,3	0,985	4,2	0,843
0,35	1,185	1,1	0,986	2,4	0,891	4,4	0,84
0,4	1,158	1,2	0,974	2,5	0,887	4,6	0,836
0,45	1,115	1,3	0,963	2,6	0,883	4,8	0,834
0,5	1,135	1,4	0,953	2,7	0,88	5	0,831
0,55	1,098	1,5	0,944	2,8	0,876	5,5	0,825
0,6	1,082	1,6	0,936	2,9	0,873	6	0,820
0,65	1,069	1,7	0,928	3	0,87	6,5	0,815
0,7	1,056	1,8	0,922	3,2	0,864	7	0,811
0,75	1,045	1,9	0,916	3,4	0,859	7,5	0,808
0,8	1,034	2	0,91	3,6	0,855	7,9	0,806

Удельные сопротивления  $A$  для стальных труб  
(ГОСТ 10704-63<sup>x</sup> и ГОСТ 8696-74)

Условный проход $d_y$ ,	Новые $V = 1$ м/с		Не новые $V = 1,2$ м/с	
	$d_{BK}, \text{мм}$	$A, \text{с}^2\text{м}^6$	$d_{BH}, \text{мм}$	$A, \text{с}^2\text{м}^6$
100	102	224,249	101	328,395
125	126	74,326	125	106,090
150	152	27,884	151	38,969
200	211	5,023	210	6,785
250	265	1,527	264	2,015
300	315	0,619	315	0,791
350	367	0,278	367	0,362

Стандартные диаметры и соответствующие им значения удельных сопротивлений  
для не новых стальных водогазопроводных труб (ГОСТ 3262-62)

Условный проход $d_y$ ,	Удельное сопротивление труб, $A$	
	$(\text{с/л})^2$	$(\text{с/м}^3)^2$
8	225,5	225500000
10	32,95	32950000
15	8,8	8800000
20	1,643	1643000
25	0,437	437000
32	0,094	94000
40	0,044	44000
50	0,011	11000
70	0,0029	2900
80	0,0012	1200
100	0,00027	270
125	0,000086	86
150	0,000034	34
175	0,000019	19
200	0,0000093	9,3
225	0,0000048	4,8
250	0,0000026	2,6
300	0,00000094	0,94
350	0,00000041	0,41
400	0,00000021	0,21

Поправочные коэффициенты  $K$  к значениям удельных сопротивлений

V, м/с	Т р у б ы			
	стальные новые	чугунные новые	не новые стальные, чугунные	асбестоцементны е
0,6	1,057	1,115	1,115	1,082
0,7	1,039	1,078	1,085	1,056
0,8	1,021	1,047	1,060	1,034
0,9	1,011	1,021	1,040	1,016
1,0	1,000	1,000	1,030	1,000
1,1	0,993	0,988	1,015	0,986
1,2	0,986	0,965	1,000	0,974
1,3	0,979	0,951	1,000	0,963
1,4	0,972	0,938	1,000	0,953
1,5	0,968	0,927	1,000	0,944

Свободные напоры

1. Минимальный свободный напор в сети водопровода населённого пункта принимается при одноэтажной застройке не менее 10 м, при большой этажности на каждый этаж следует добавить по 4 м.
2. Свободный напор в сети у водоразборных колонок должен быть не менее 10 м.
3. Минимальный свободный напор при одноэтажных зданиях животноводческих ферм должен быть не менее 8 м.
4. Свободный напор в сети производственного водопровода принимается по технологическим характеристикам оборудования; в частности, свободный напор на вводе в молочный завод должен быть не менее 20 м.
5. Гидравлический напор в наружной сети хозяйственно-питьевого водопровода у потребителя не должен превышать 60 м.

Расходы воды на наружное пожаротушение в населённых пунктах в л/с  
на 1 пожар

Количество жителей в нас. Пункте в тыс. чел.	Расчетное количество одновременных пожаров	Застройка до 2 этажей включительно, $q_{п}$ , л/с	Застройка зданиями высотой 3 этажа и выше, $q_{п}$ , л/с
5	1	10	10
10	1	10	15
25	2	10	15
50	2	20	25

**Примечание:**

1. Расчетный расход воды на наружное пожаротушение для сельских населённых пунктов с количеством жителей от 50 до 500 человек допускается принимать 5 л/с при продолжительности пожара 3 часа независимо от этажности и степени огнестойкости здания.

2. При площади территории предприятия до 150 га и при количестве жителей в населённом пункте до 10 тыс. чел. – 1 пожар ( на предприятии или населённом пункте) – по наибольшему расходу.

## Двигатели основного исполнения, класс нагревостойкости F

Синхронная частота вращения 3000 об/мин, 2р=2

Тип двигателя	Номинальная мощность, кВт	Номинальная частота вращения, об/мин	Коэффициент полезного действия, %	Коэффициент мощности	Масса, кг
5A80MA2	1,5	2820	81	0,85	14
5A80MB2	2,2	2830	81	0,85	15,5
5AU2M2	7,5	2885	87,5	0,89	57
АИРМ132М2	И	2900	89	0,89	77,5
5A160S2	15	2930	90	0,89	126
5A160M2	18,5	2930	90,5	0,89	138
АИР180S2	22	2930	90,5	0,89	160
АИР180M2	30	2935	91	0,89	180
5A200M2	37	2940	93,5	0,89	235
5A200L2	45	2950	93,5	0,89	255
5A225M2	55	2950	93,5	0,91	340
5AM250S2	75	2955	93,2	0,92	475
5AM250M2	90	2955	93,1	0,93	505
5AM280S2	110	2960	94,1	0,92	720
5AM280M2	132	2960	94,5	0,92	770
5AM315S2	160	2970	94,5	0,92	970
5AM315M2	200	2975	95	0,94	1110

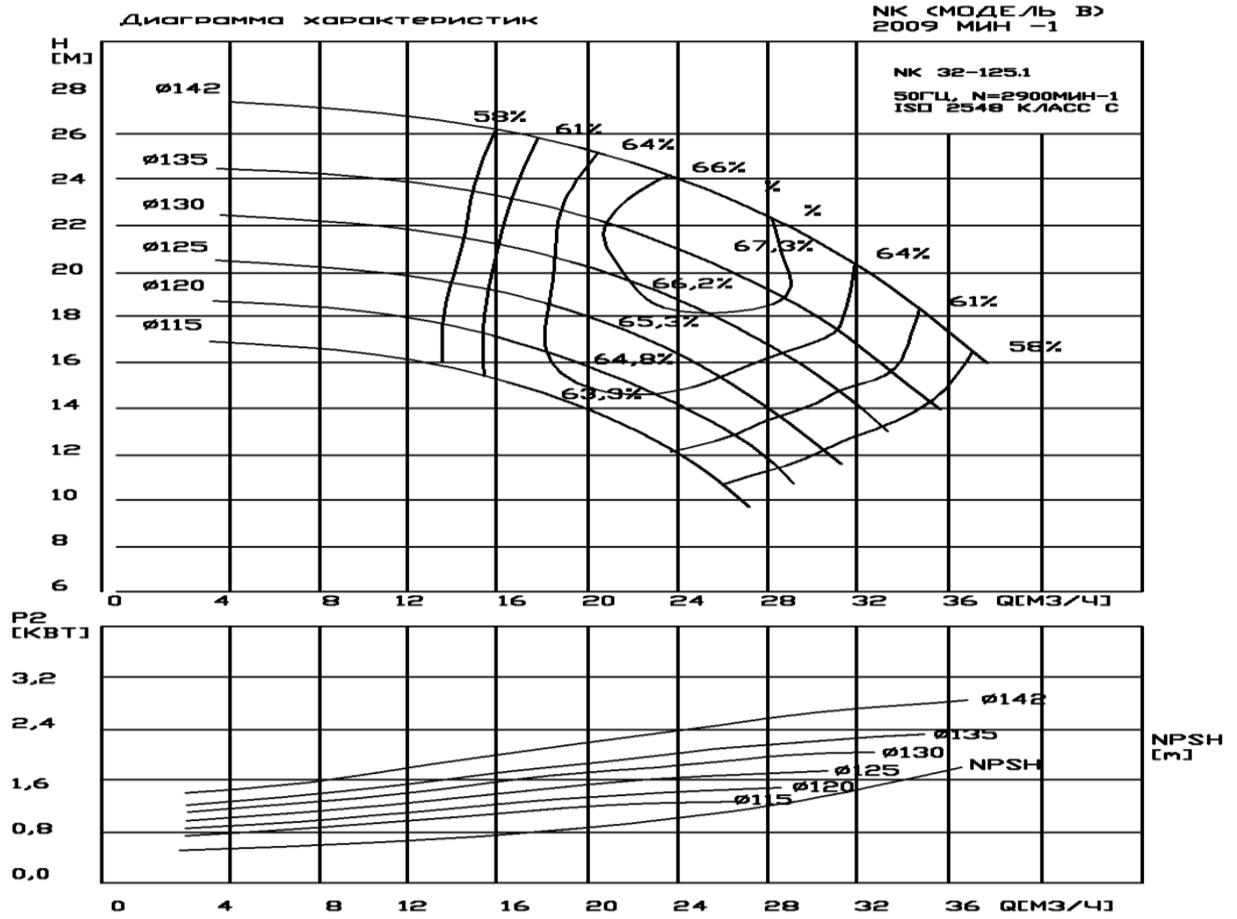
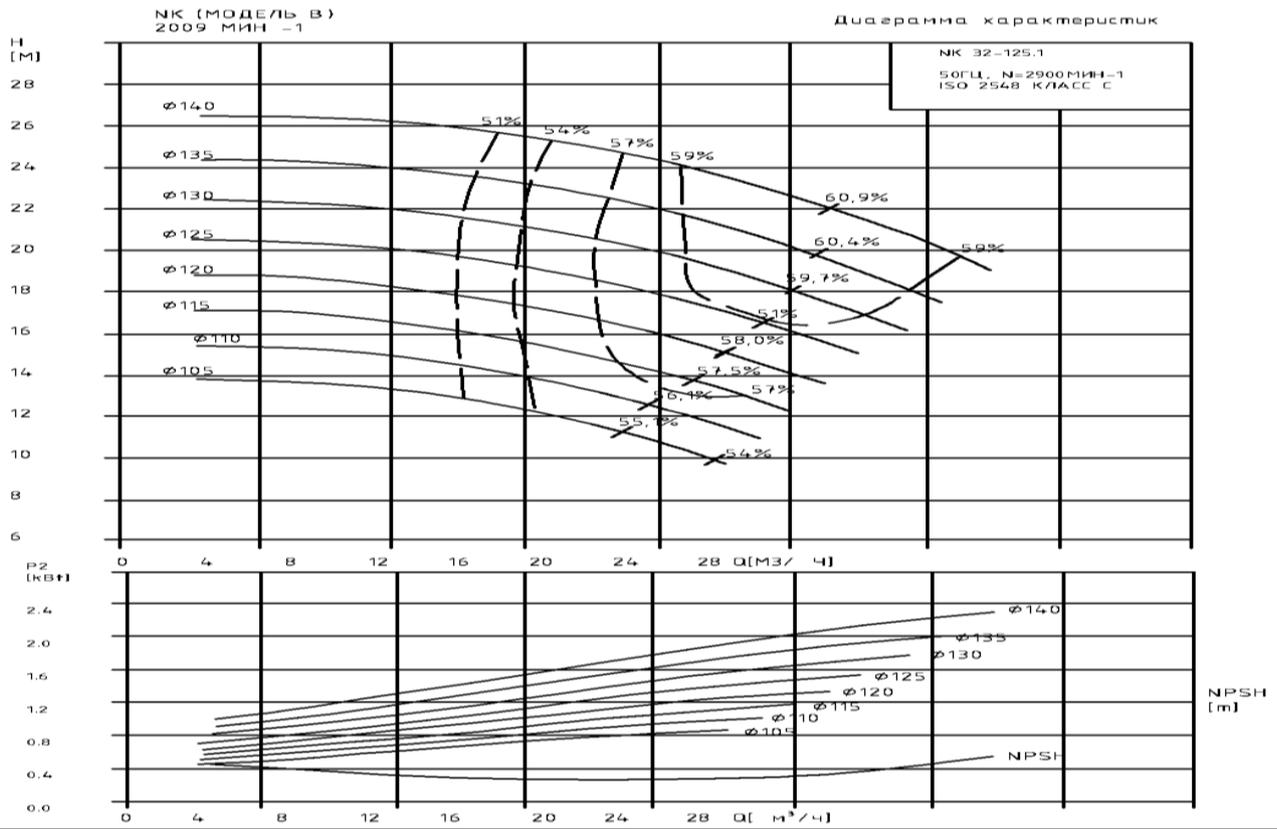
Синхронная частота вращения 1500 об/мин, 2р=4

5A80MA4	1,1	1400	74	0,8	13
5A80MB4	1,5	1405	76	0,81	14,7
5AH2M4	5,5	1430	86	0,83	56
АИРМ132S4	7,5	1450	88	0,85	70
АИРМ132M4	11	1450	89	0,85	83,5
5A160S4	15	1450	89,5	0,86	127
5A160M4	18,5	1450	90	0,86	140
АИР180S4	22	1460	90,5	0,86	170
АИР180M4	30	1460	91,5	0,87	190
5A200M4	37	1470	92,3	0,85	245
5A200L4	45	1470	92,7	0,84	270
5A225M4	55	1475	93,3	0,86	345
5AM250S4	75	1480	94,3	0,86	480
5AM250M4	90	1480	94,7	0,88	515
5AM280S4	110	1485	95,4	0,88	780
5AM280M4	132	1485	95,9	0,89	885
5AM315S4	160	1485	96	0,88	1110
AM315M4	200	1485	96	0,9	1150

## Коэффициент запаса мощности

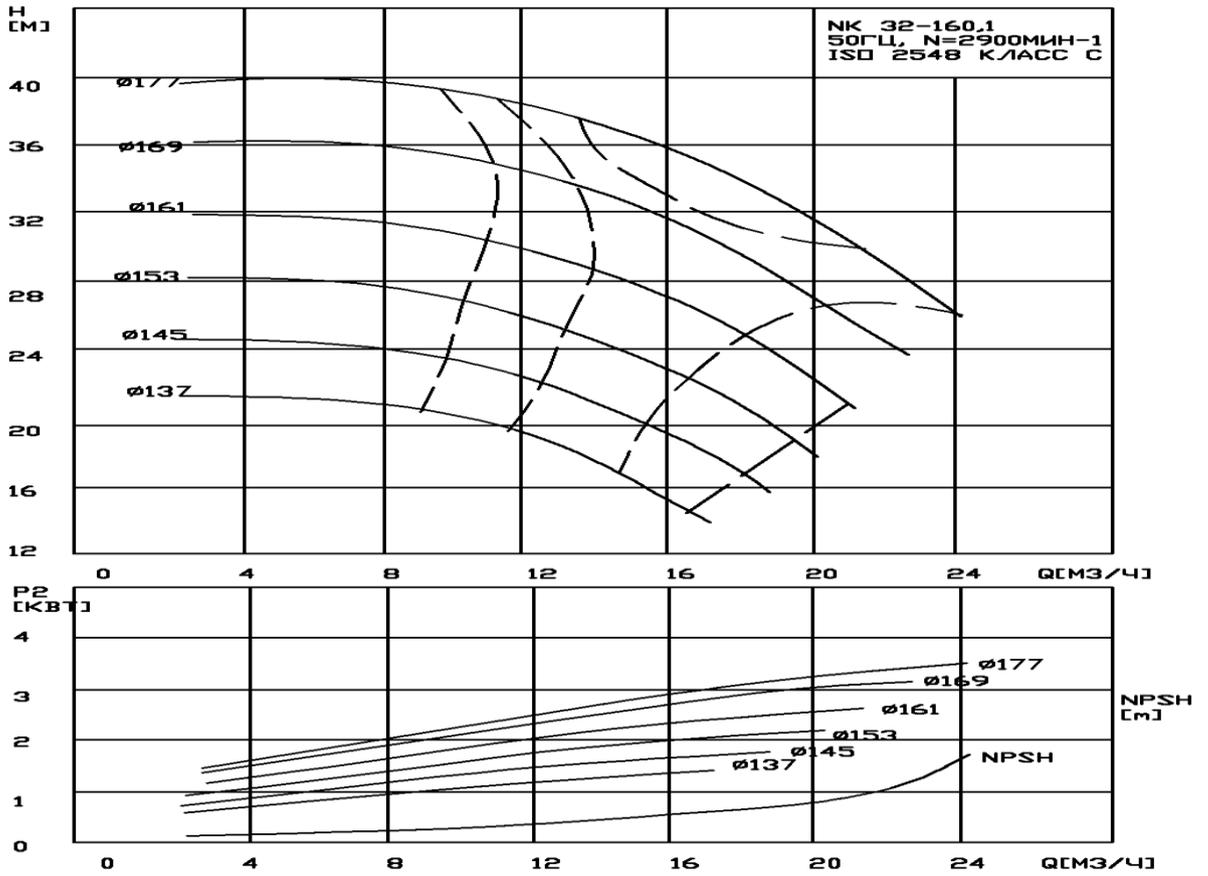
Мощность электродвигателя, кВт	Коэффициент запаса мощности, $K_3$
до 20	1,25
25-50	1,20
50-300	1,15
более 300	1,10





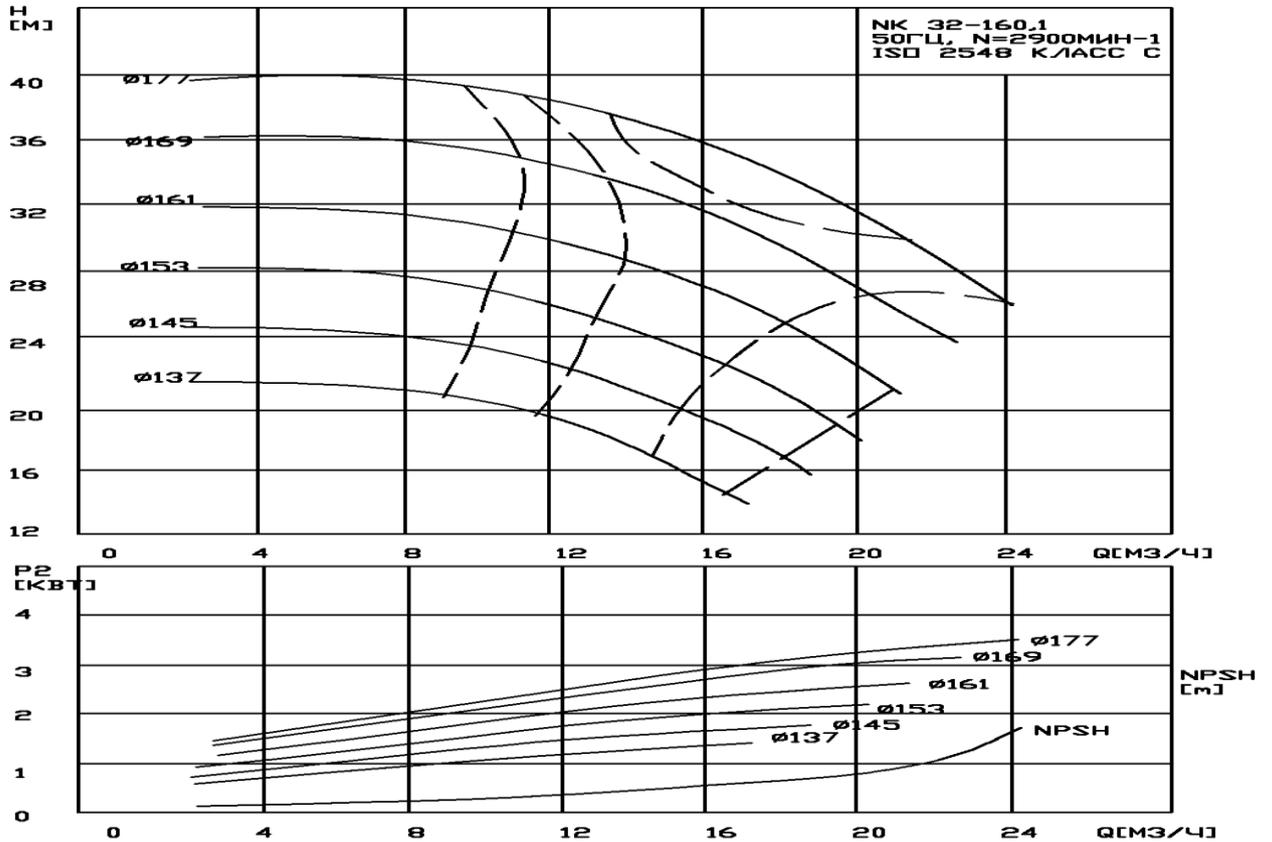
НК «МОДЕЛЬ В»  
2009 МИН -1

Диаграмма характеристик



НК «МОДЕЛЬ В»  
2009 МИН -1

Диаграмма характеристик



НК (МОДЕЛЬ В)  
2009 МИН -1

Диаграмма характеристик

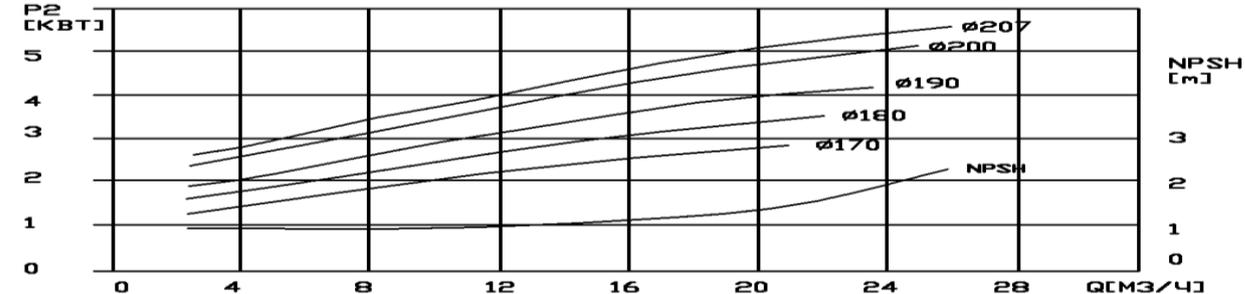
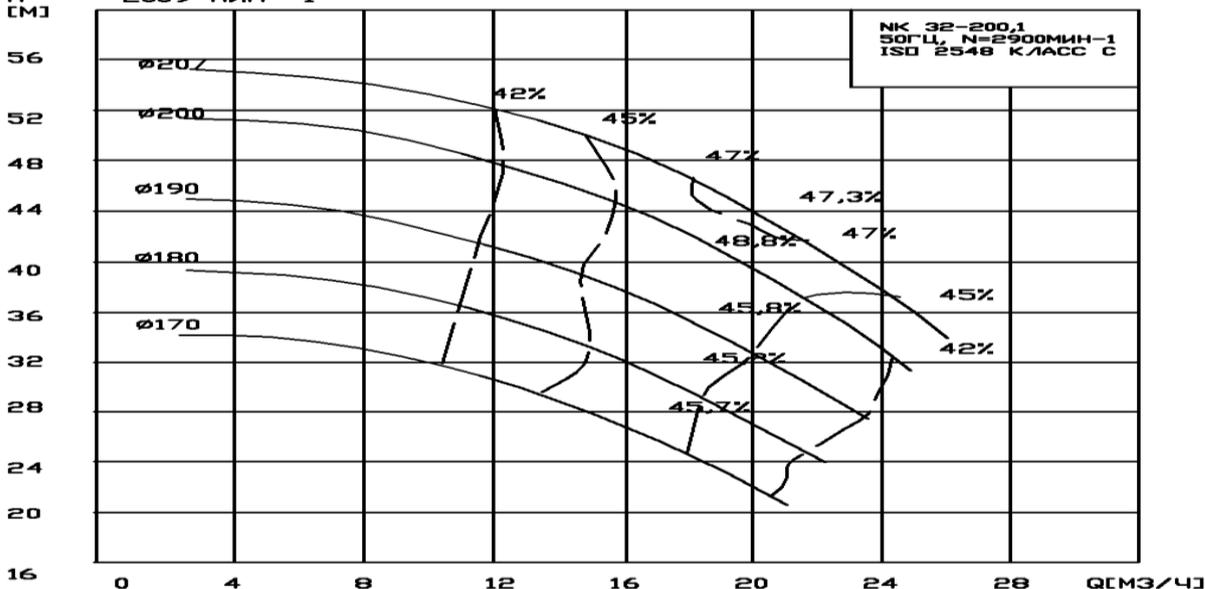
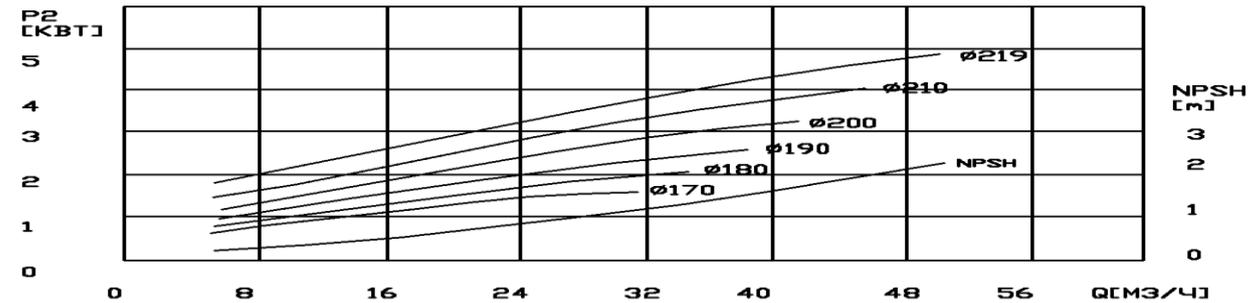
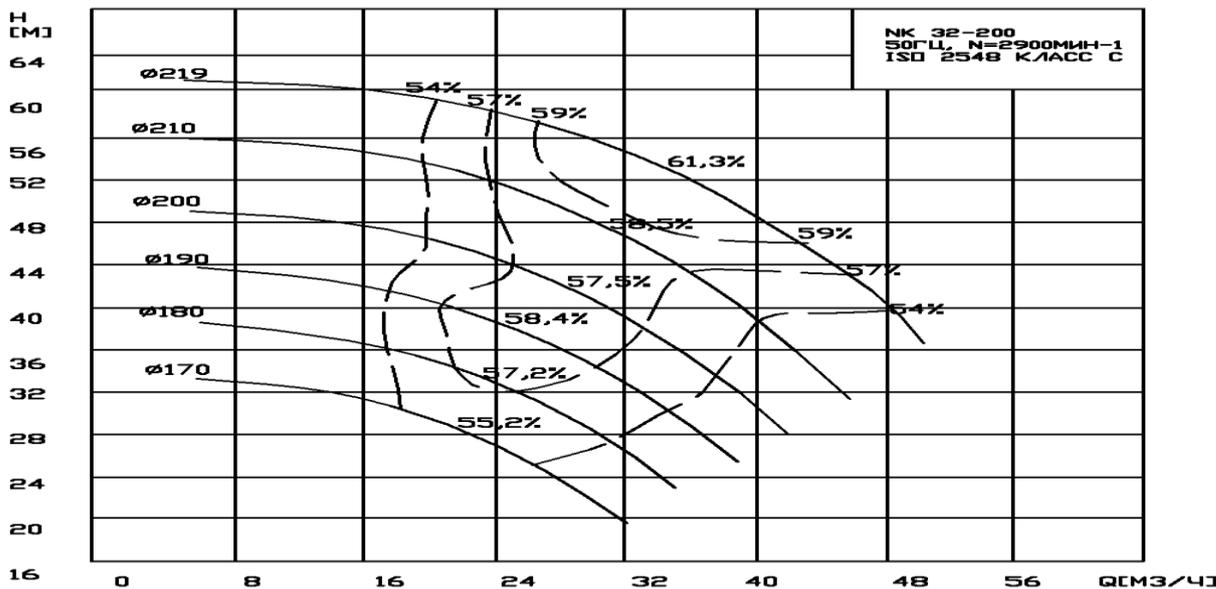
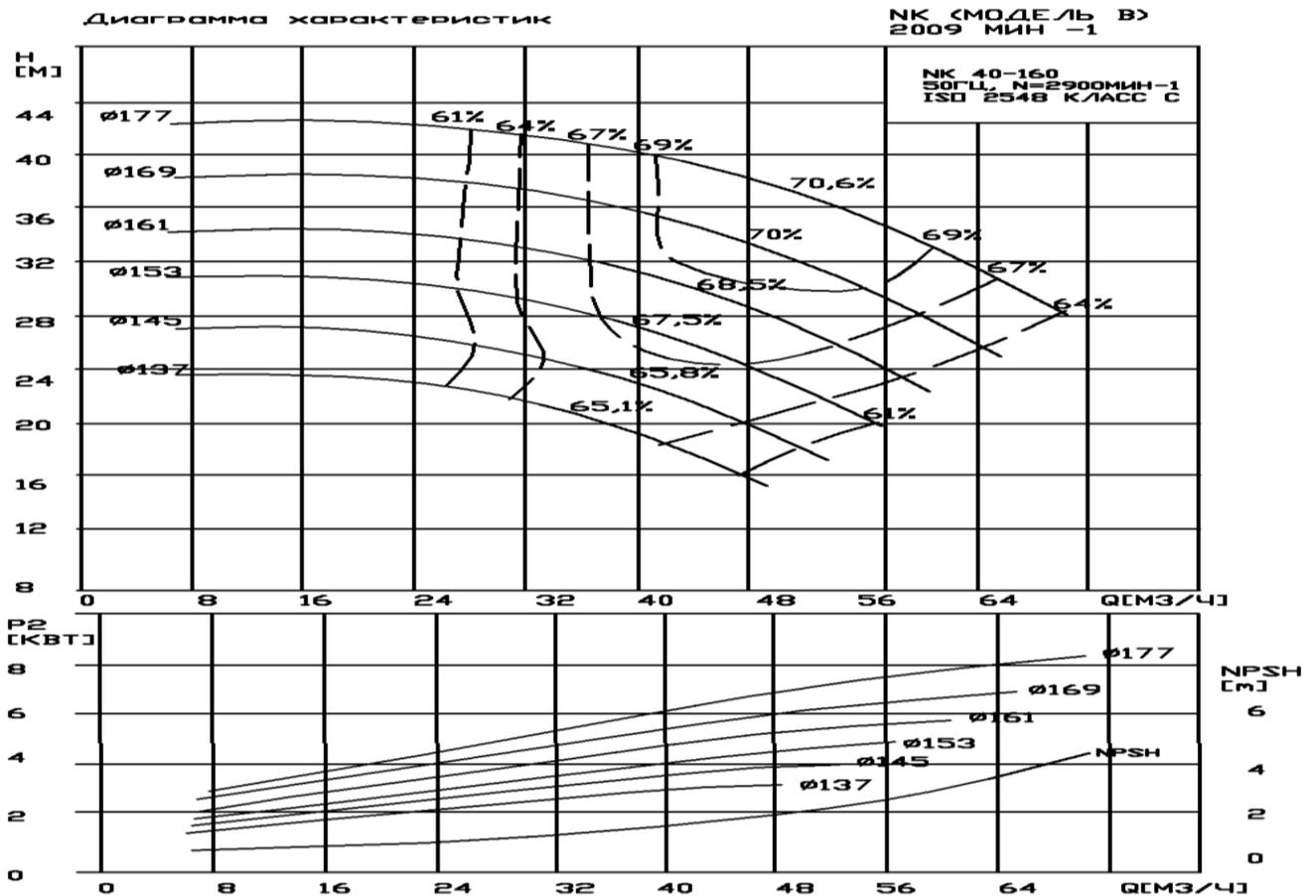
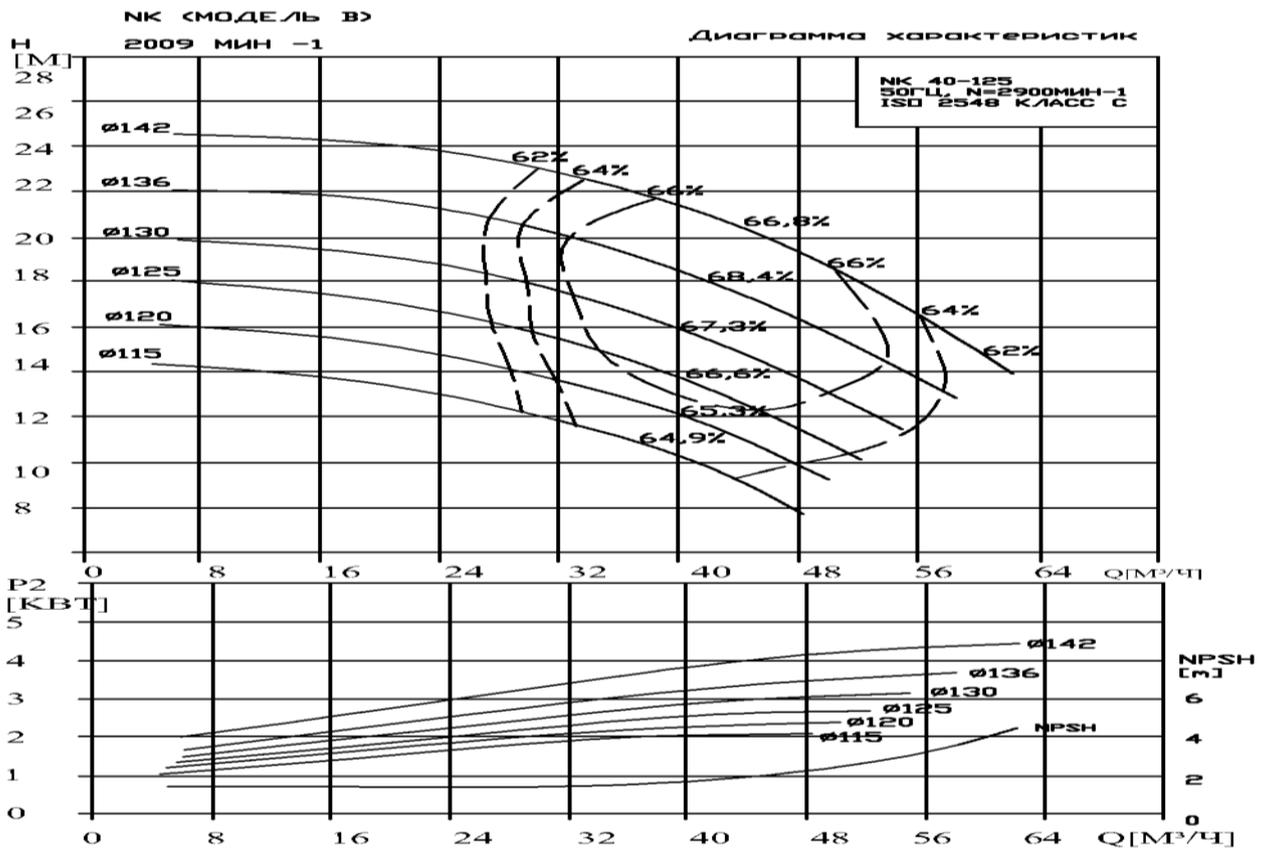


Диаграмма характеристик





НК (МОДЕЛЬ В)  
2009 МИН -1

Диаграмма характеристик

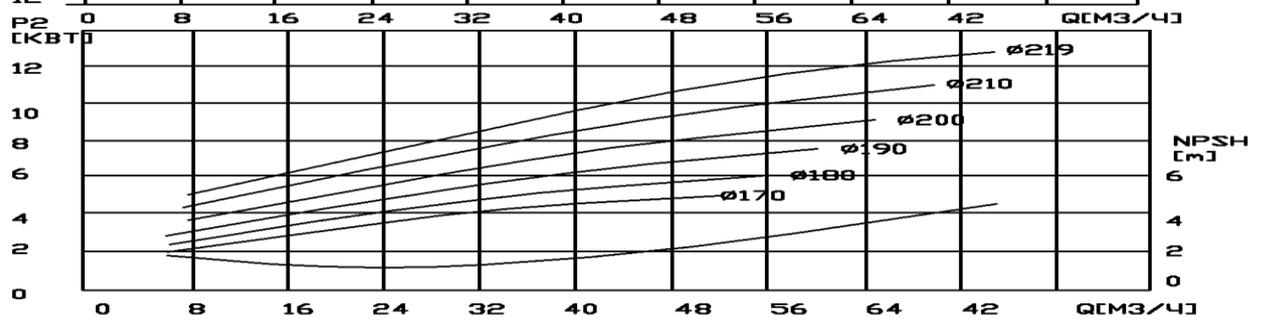
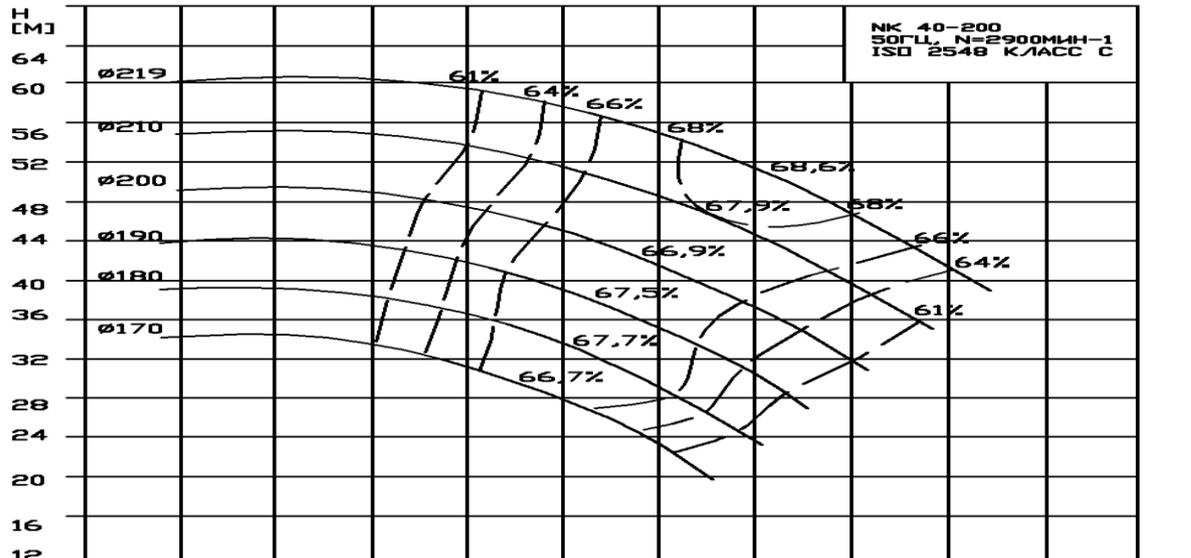


Диаграмма характеристик

НК (МОДЕЛЬ В)  
2009 МИН -1

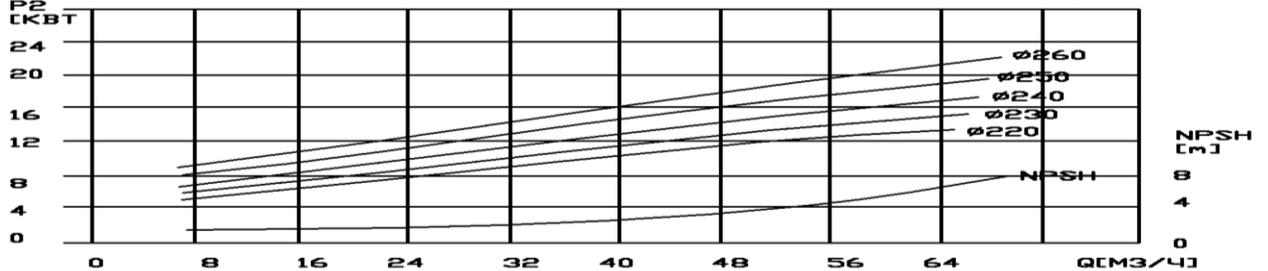
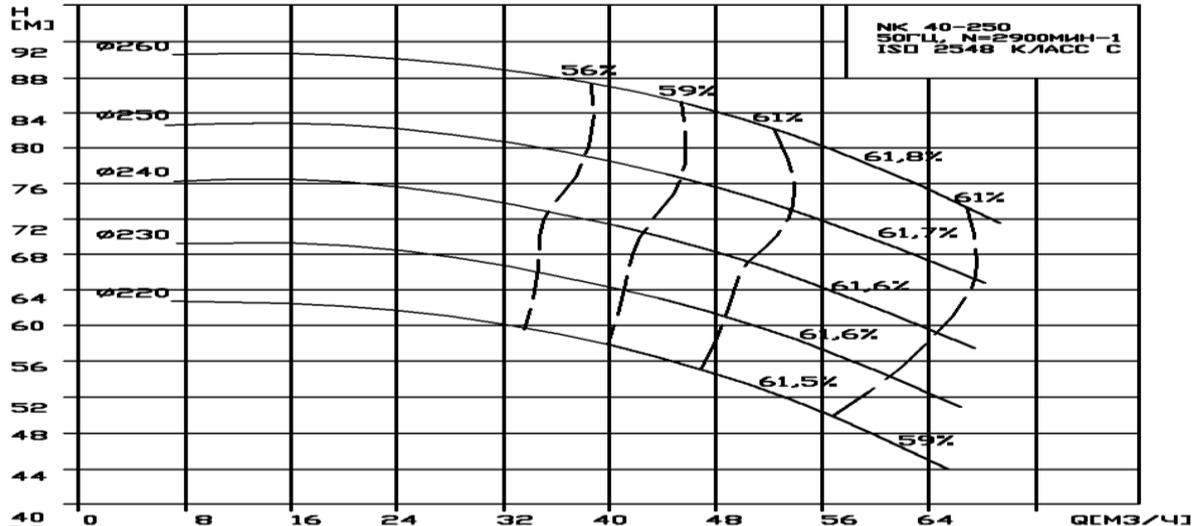


Диаграмма характеристик

НК (МОДЕЛЬ В)  
2009 МИН -1

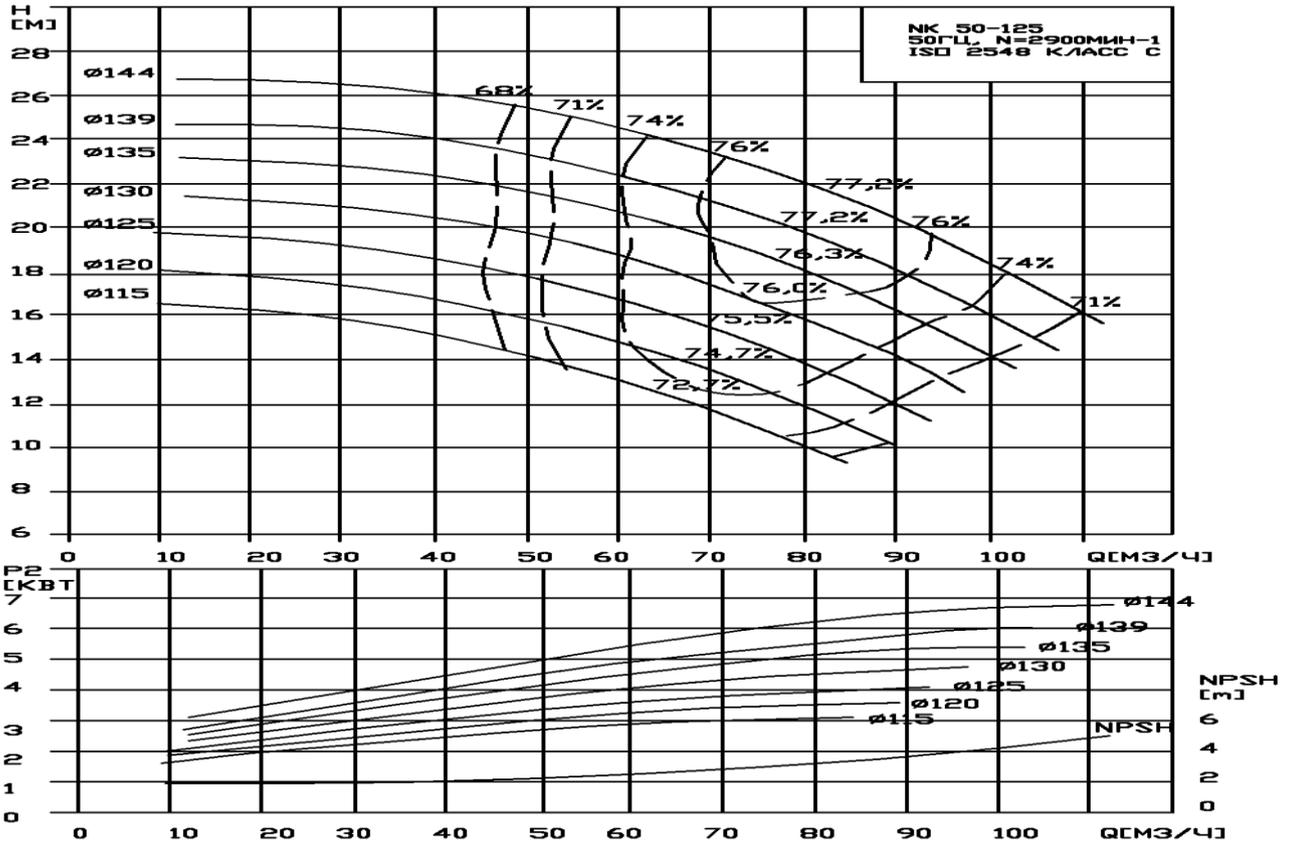
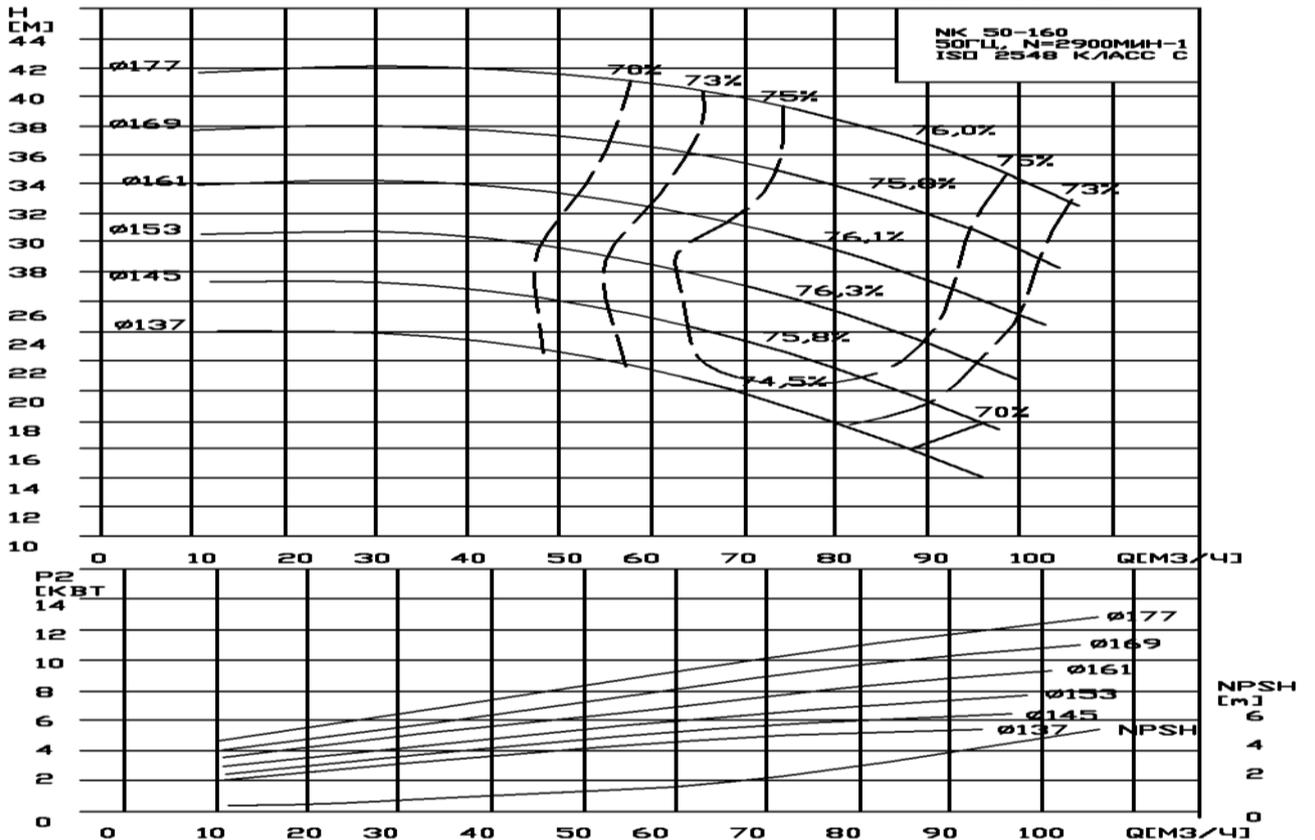
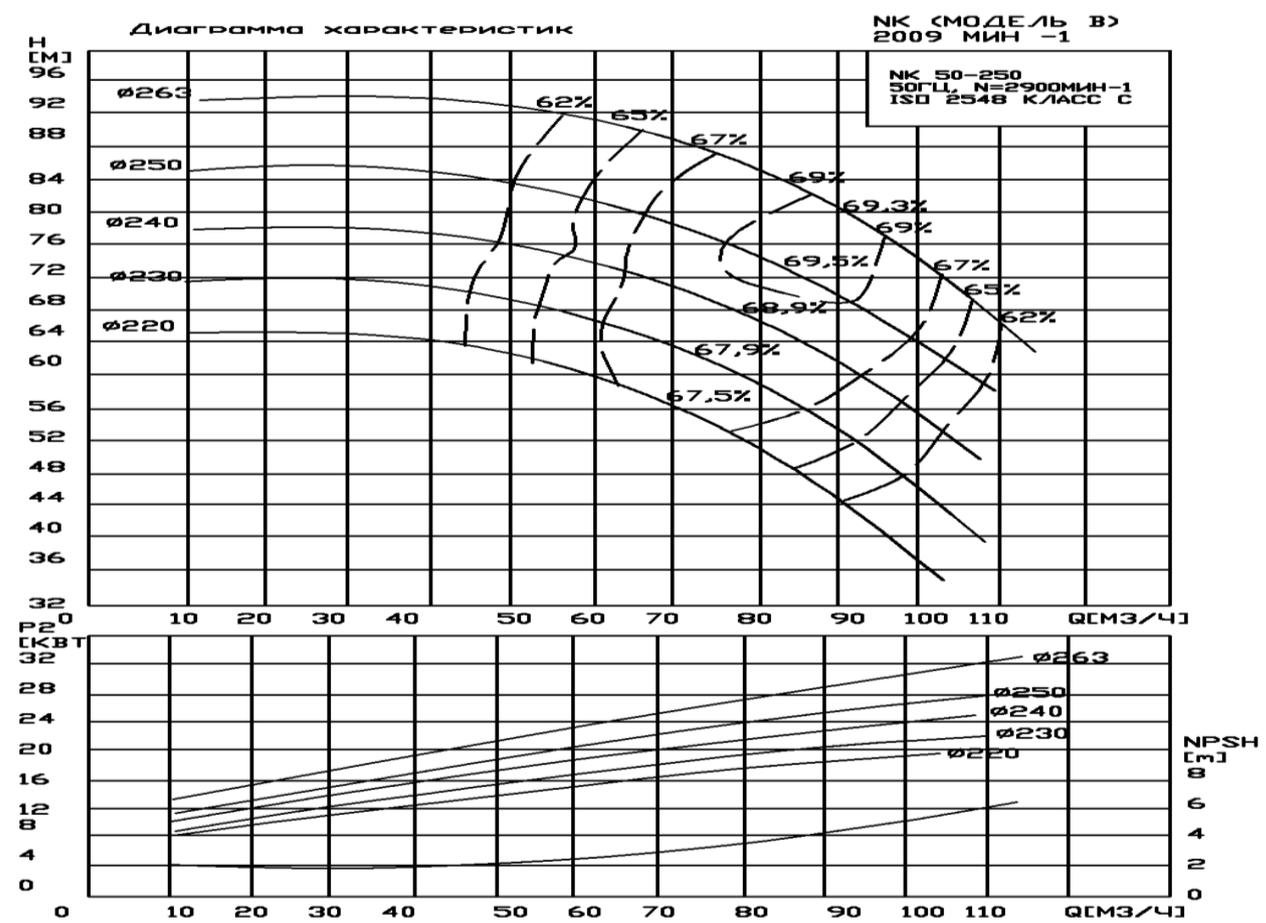
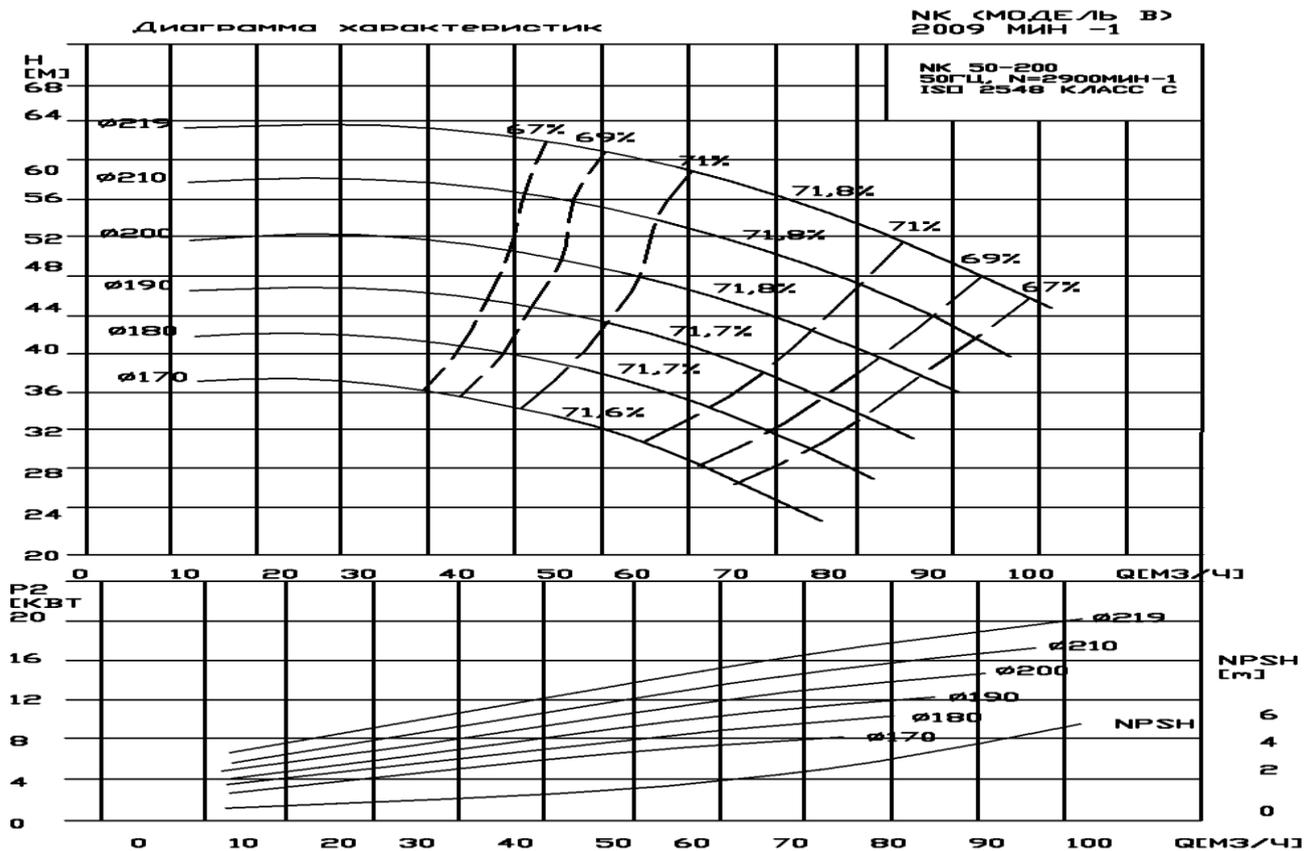
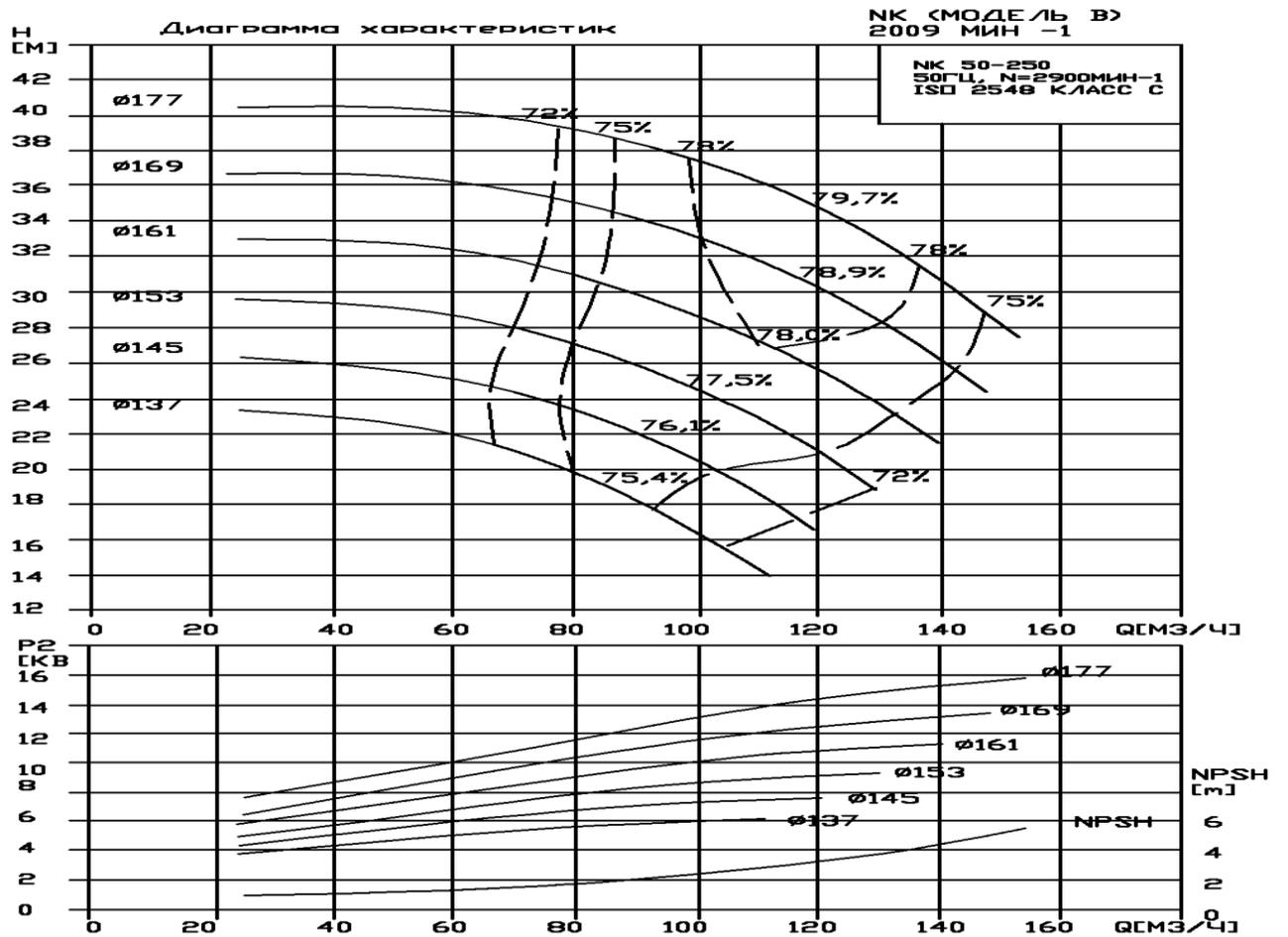
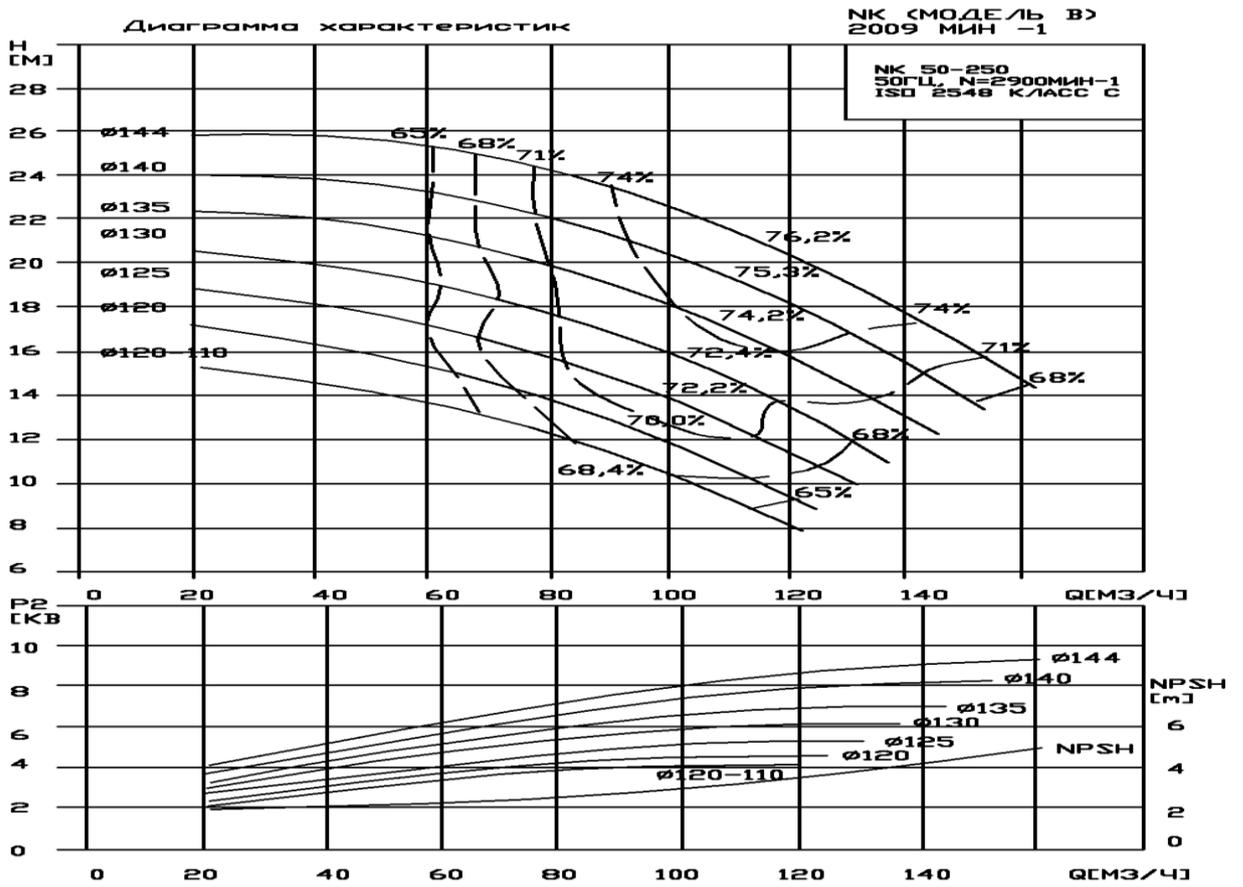


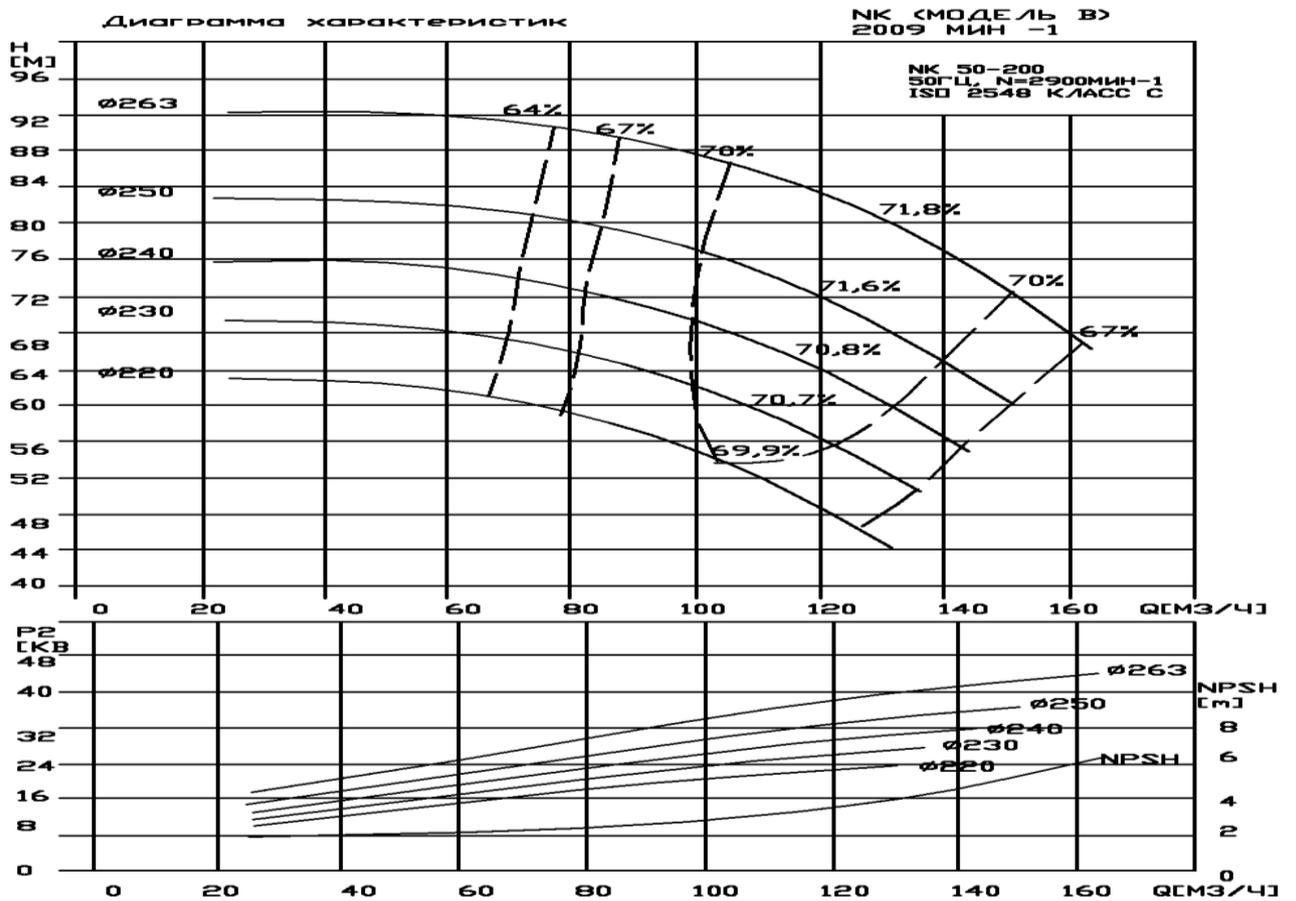
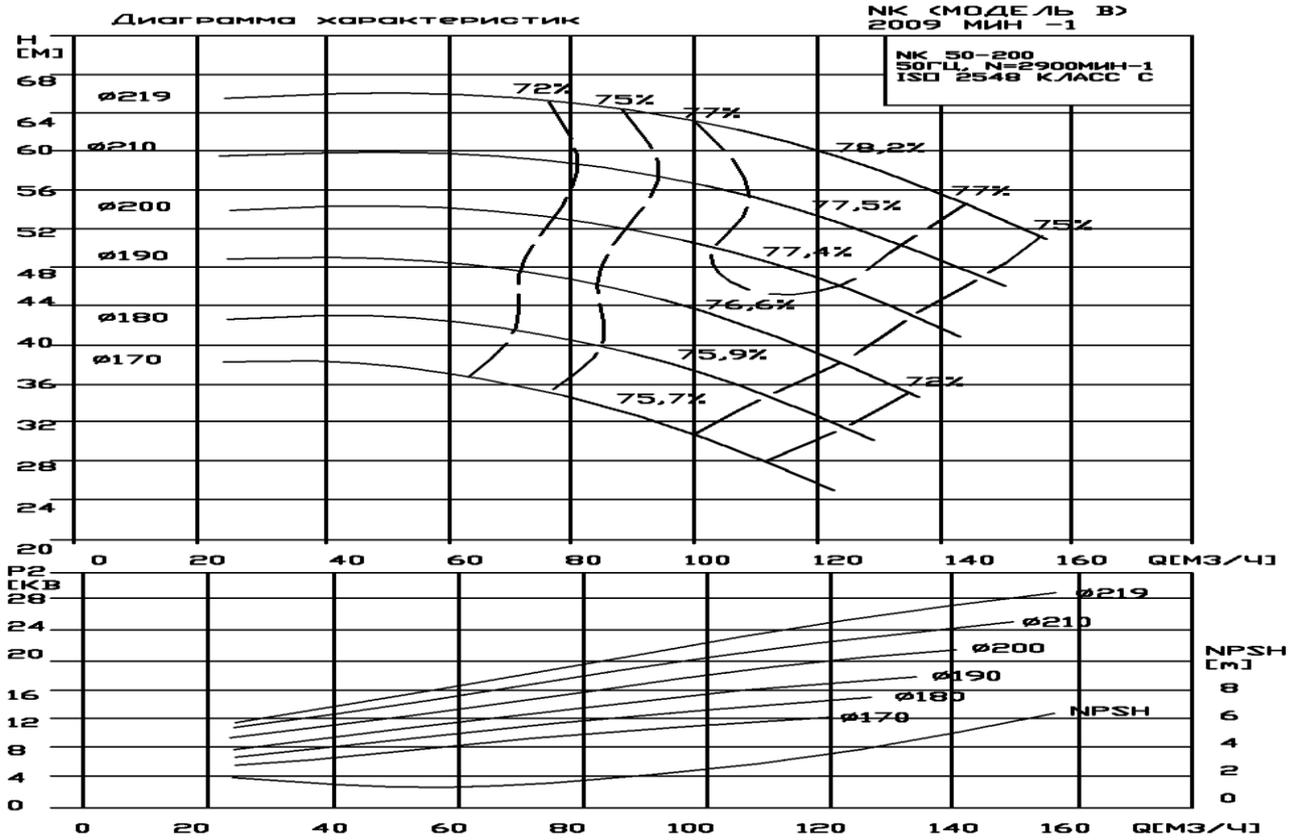
Диаграмма характеристик

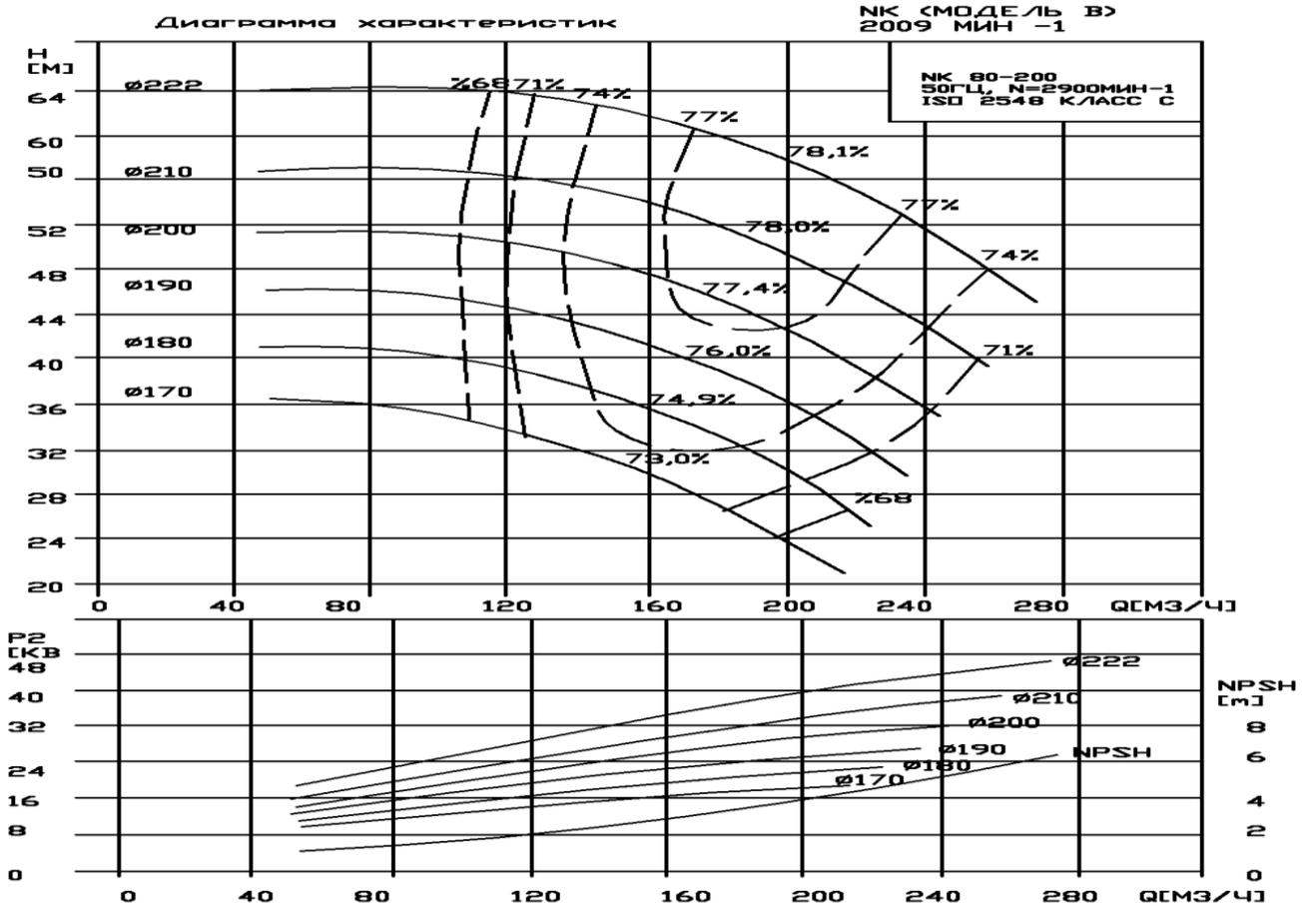
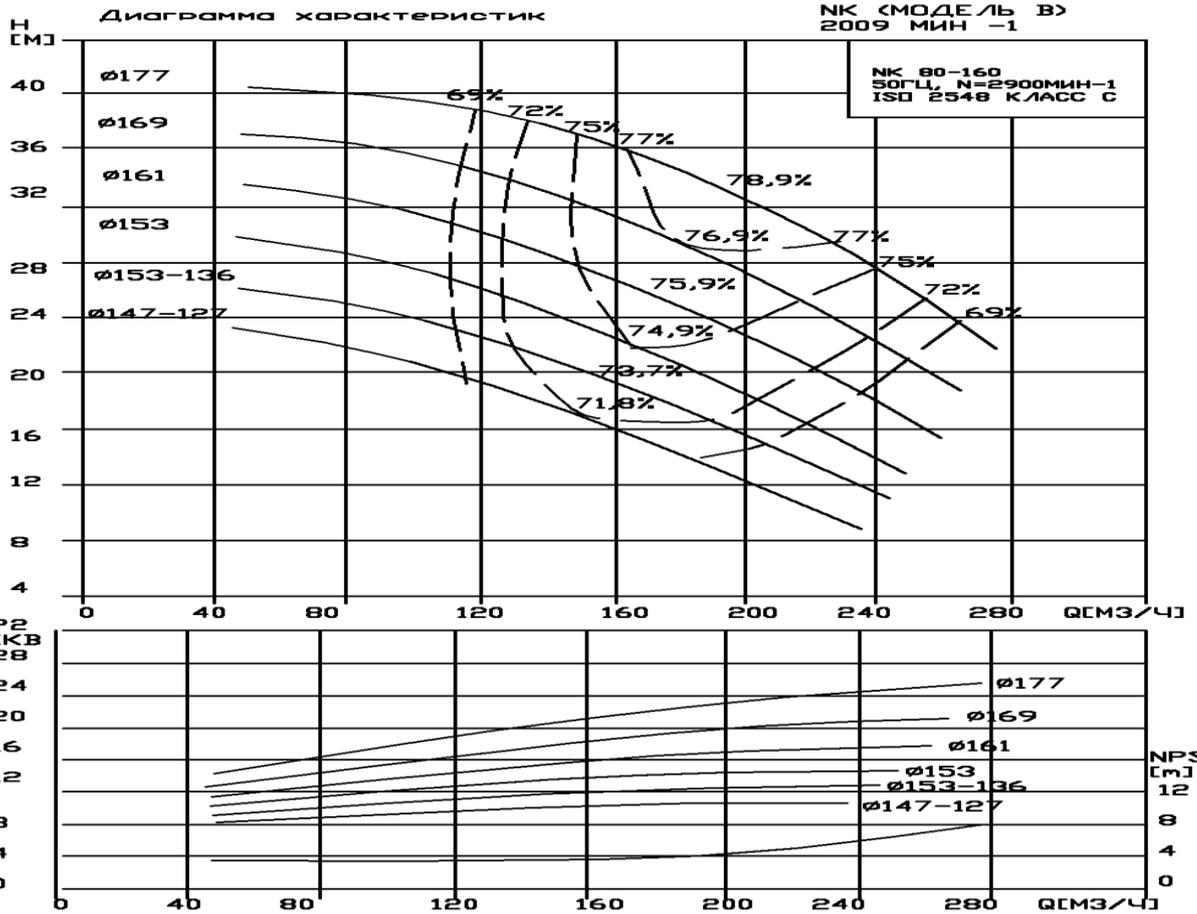
НК (МОДЕЛЬ В)  
2009 МИН -1

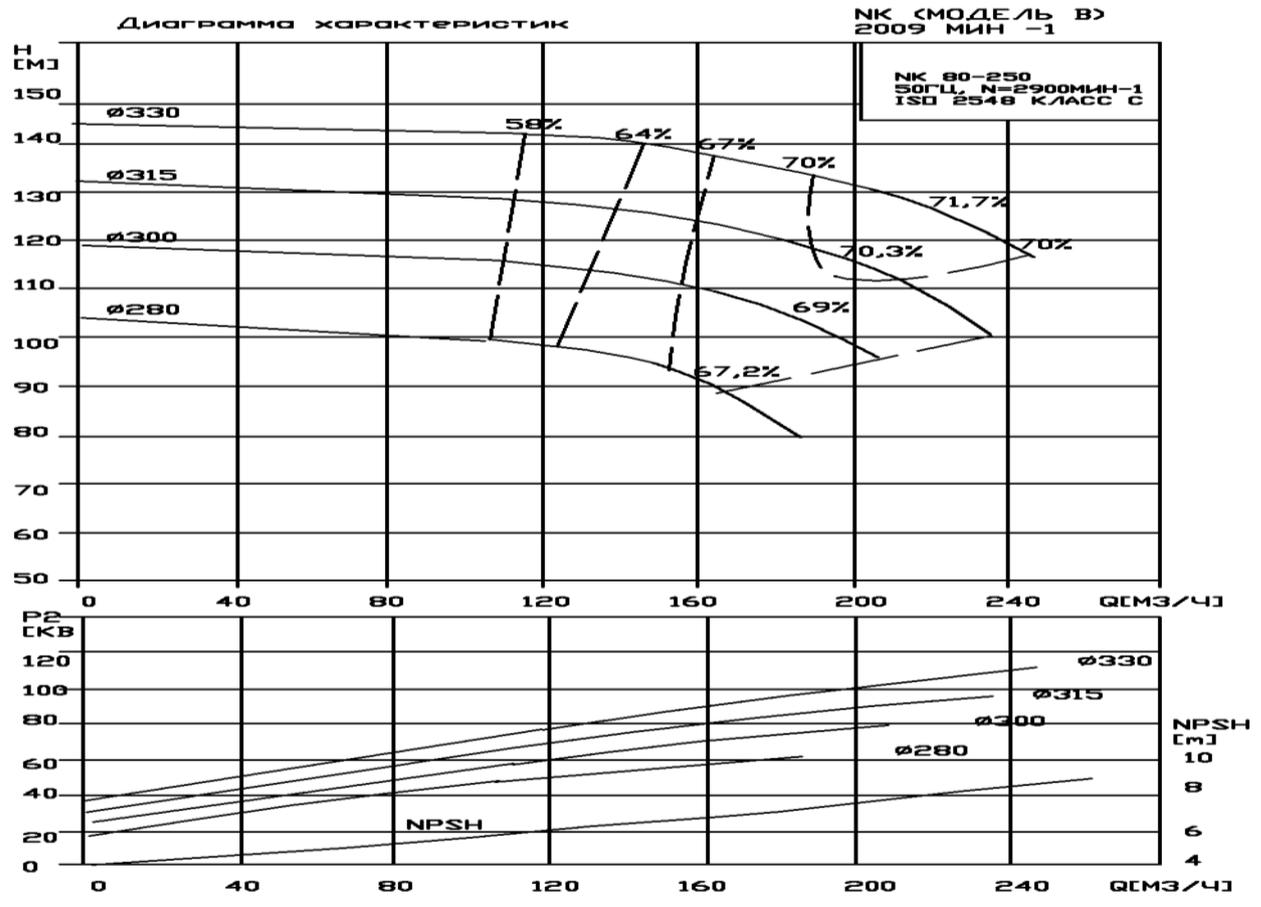
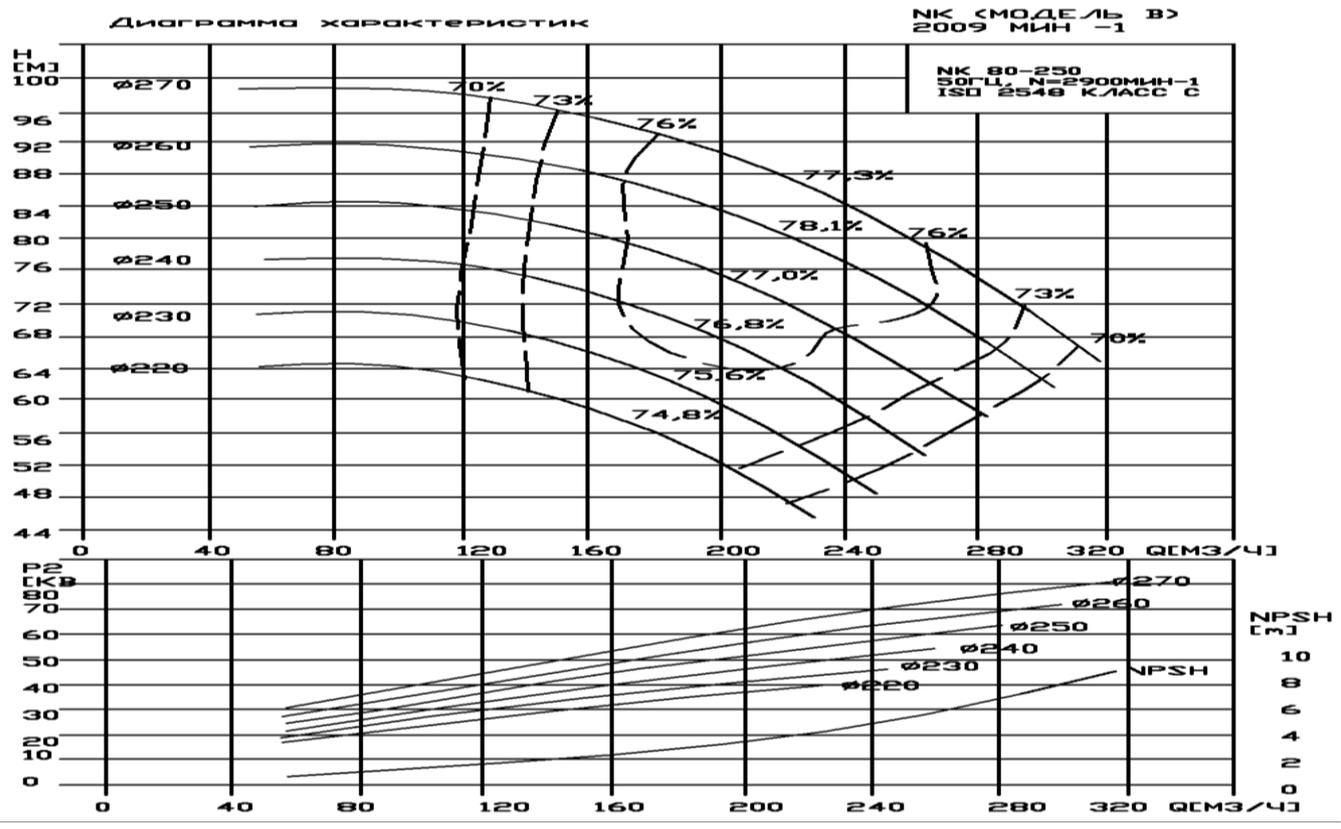


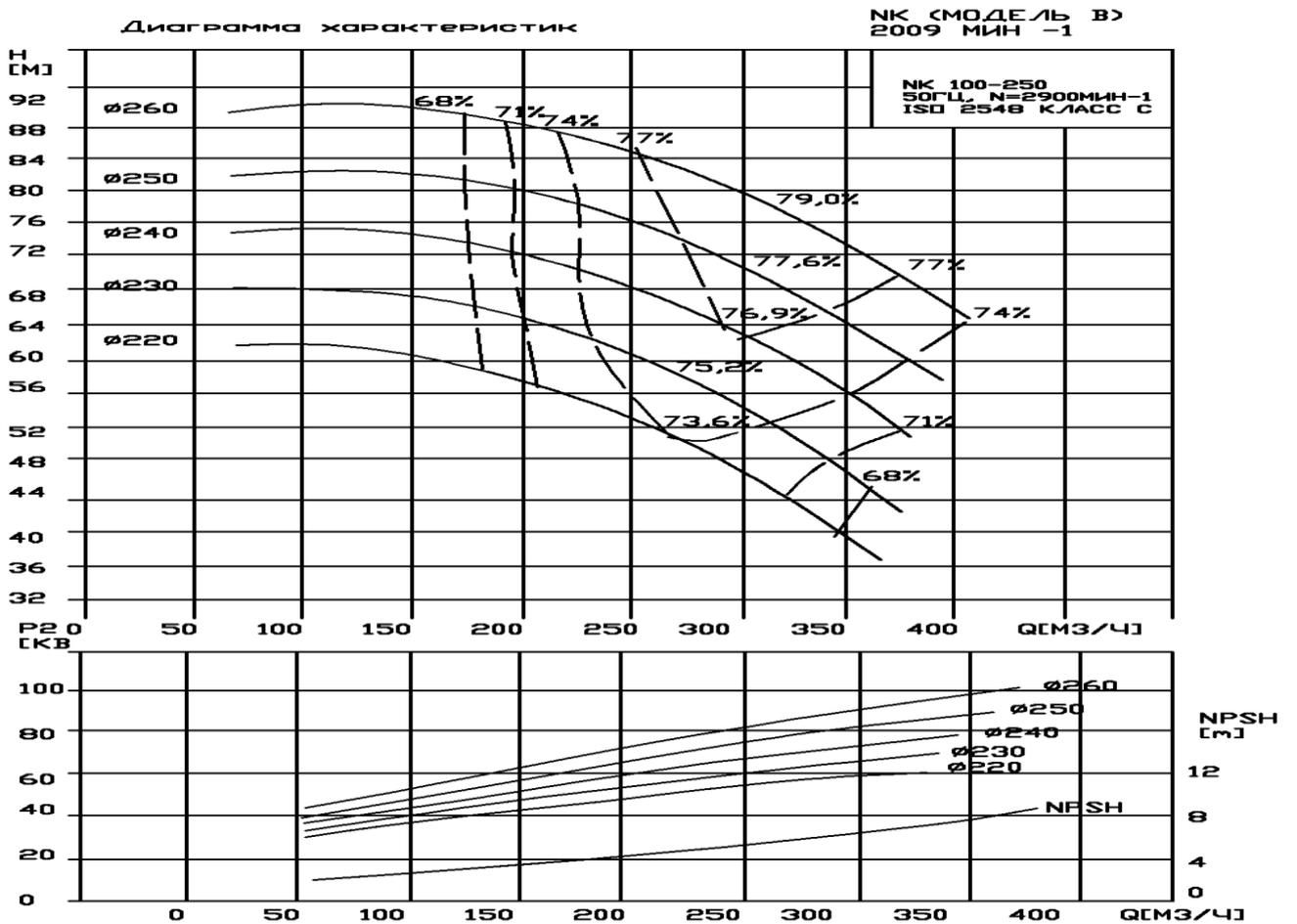
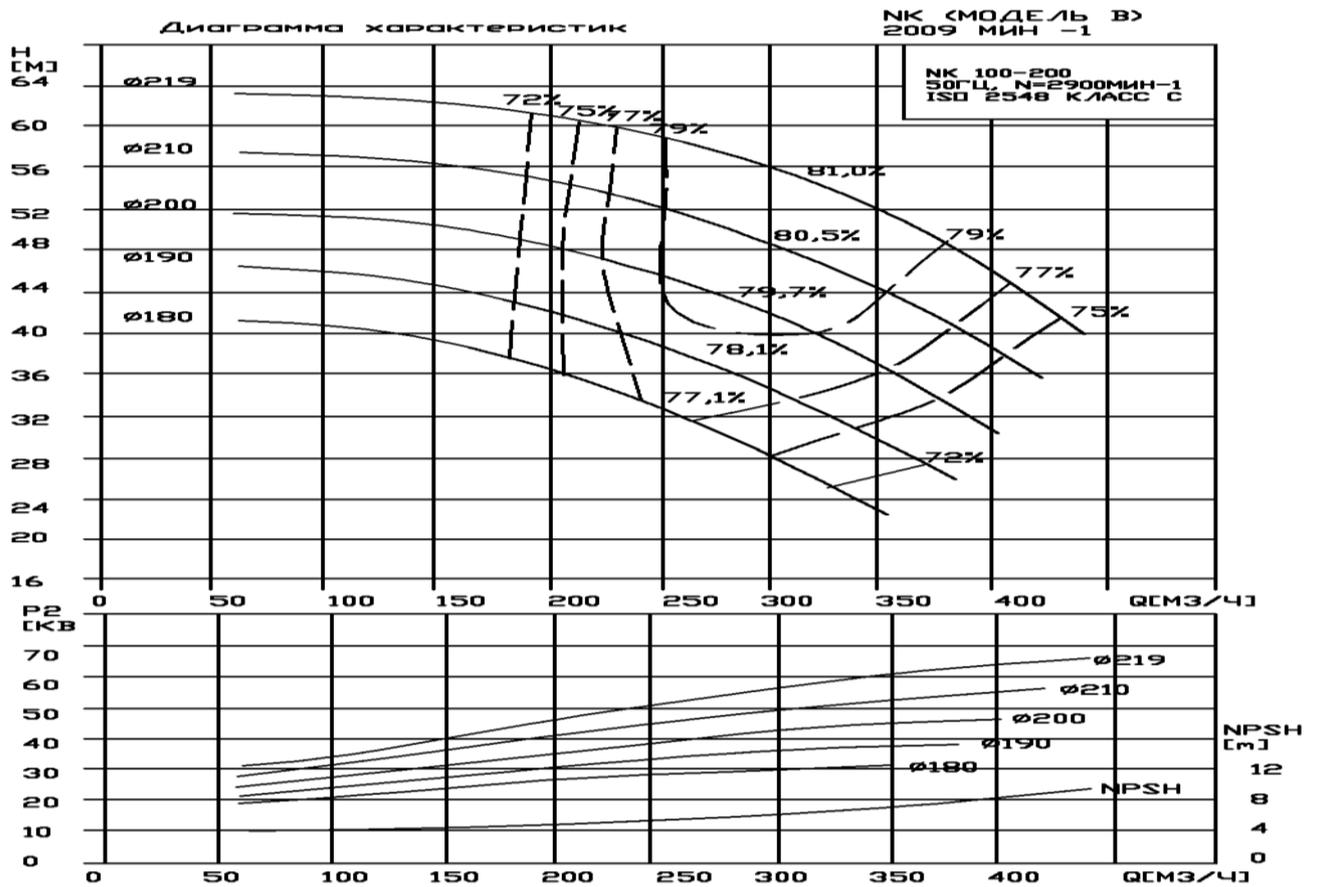


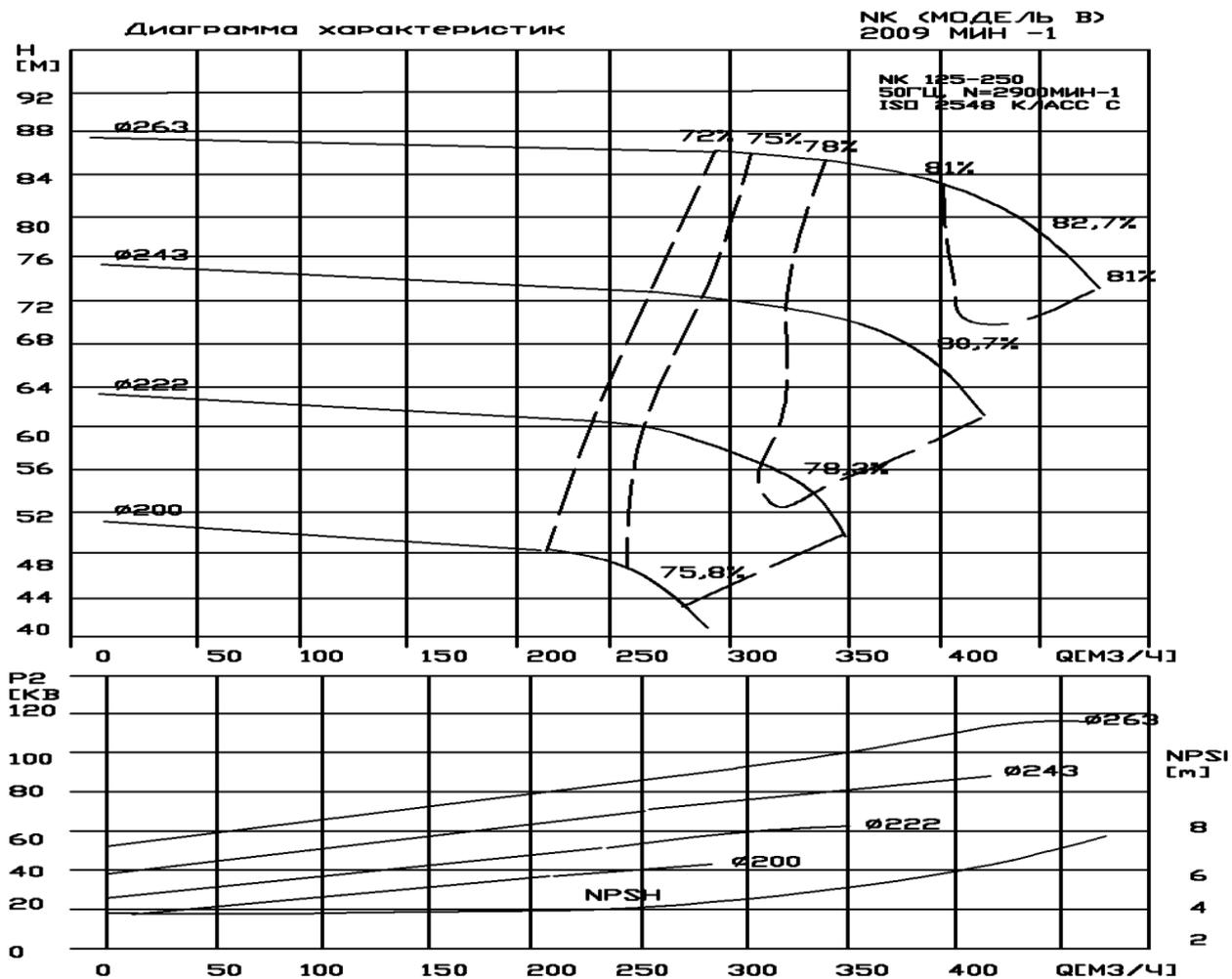
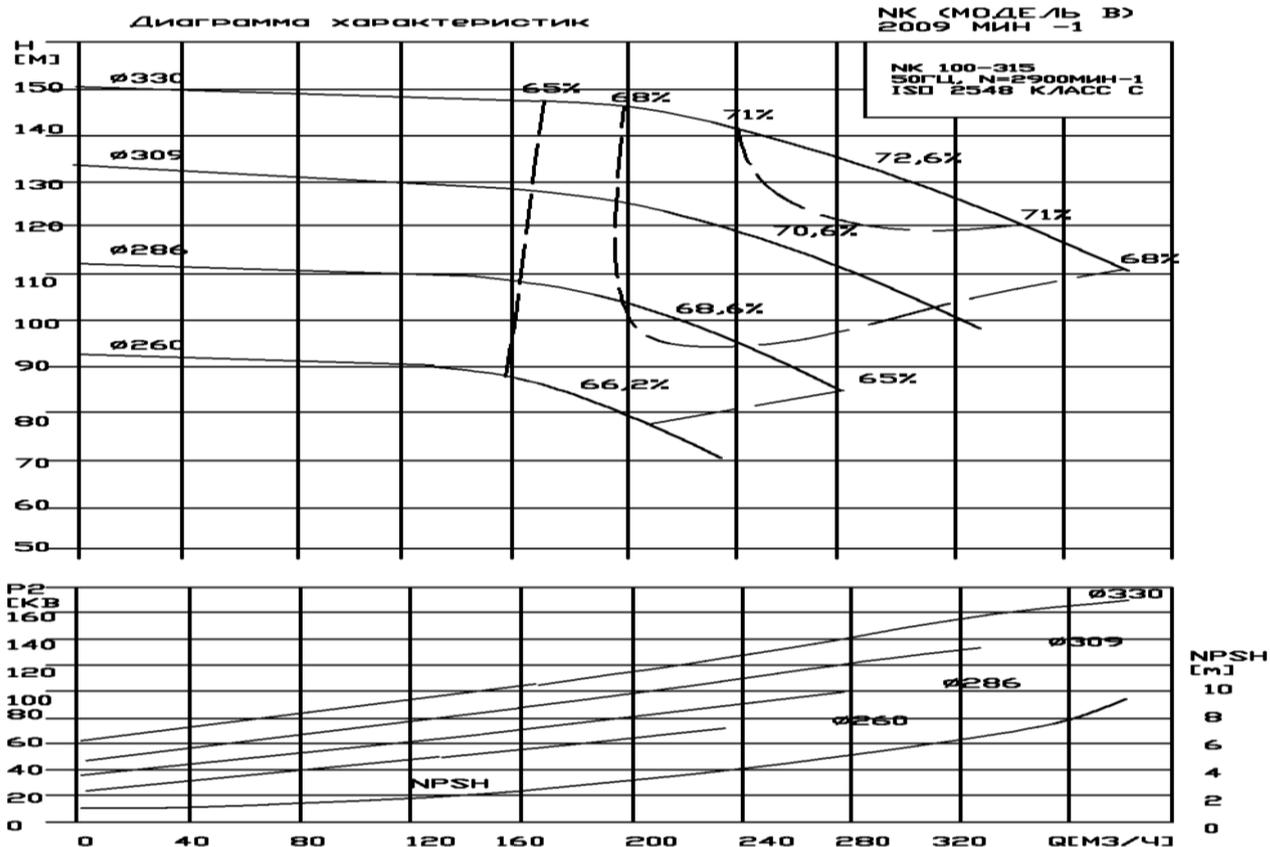












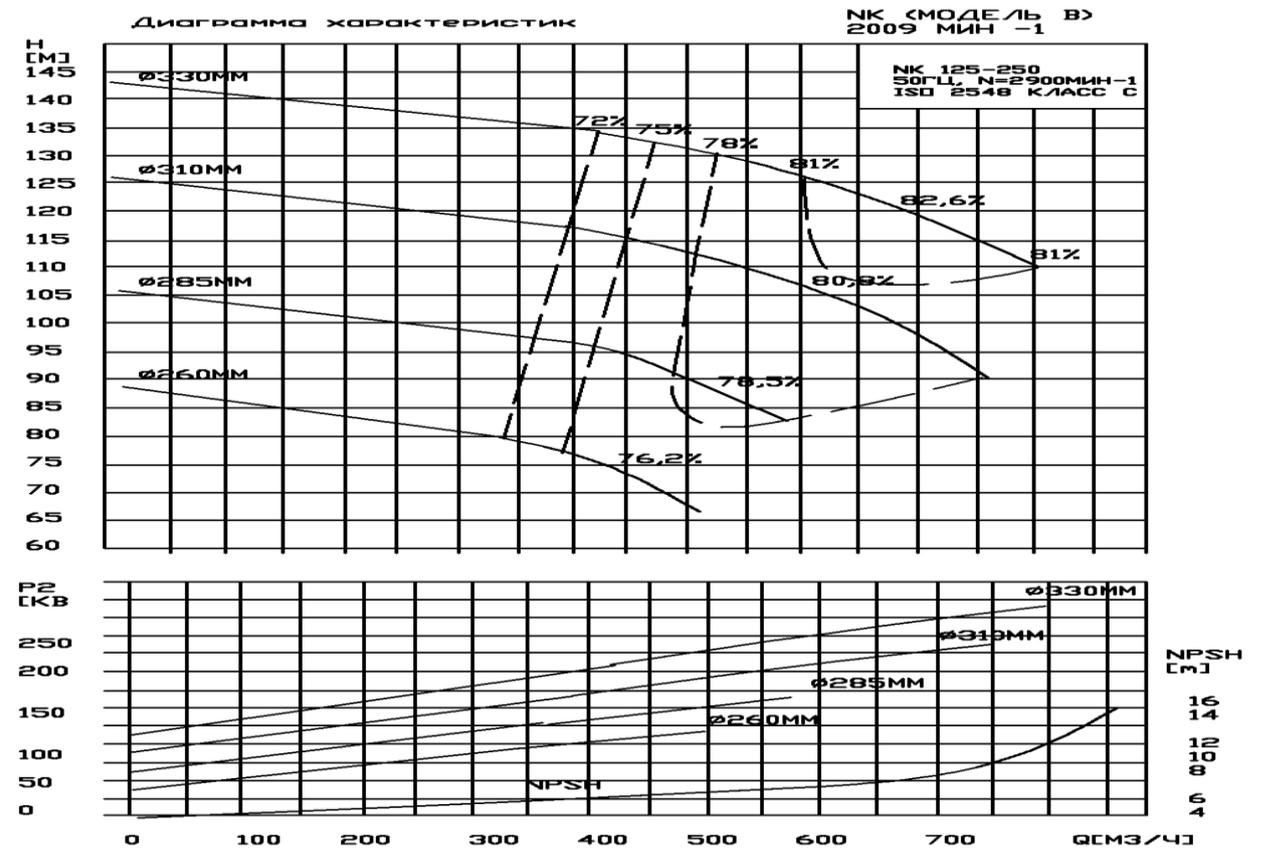
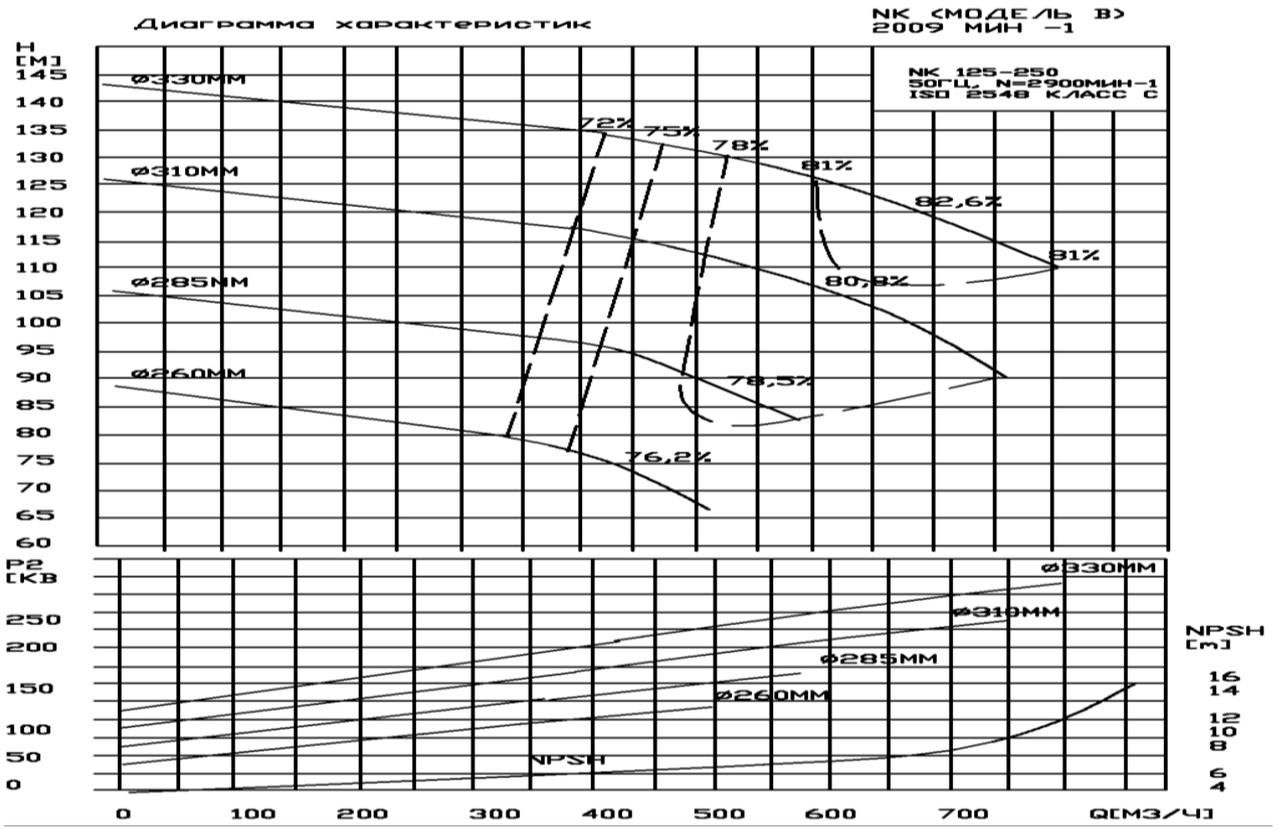


Диаграмма характеристик

НК (МОДЕЛЬ В)  
2009 МИН -1

