

Создание комплекса научной аппаратуры для космического аппарата «Бион» (ОКР «Бион – М», госконтракт от 25.02.2005 № 012 – 7116/05)

Основание :

- 1) Федеральная комплексная программа России на 2001 – 2005 годы.**
- 2) Техническое задание на ОКР «Бион – М» от 17.06. 2003г.**

Научный руководитель: **Ильин Е.А.**, б.м.н., профессор

Научно-технический руководитель: **Смирнов И.А.**, к.т.н.

Ответственный исполнитель: **Таирбеков М.Г.**, д.б.н., профессор

Эксперименты на животных могут быть осуществлены на орбитальных непилотируемых спутниках технического назначения, например «Фотон-М».



Они не имеют системы жизнеобеспечения.

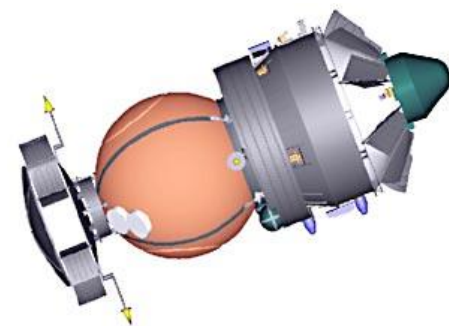
В ГНЦ РФ ИМБП РАН создается модуль для экспериментов на мелких лабораторных млекопитающих с автономной системой жизнеобеспечения.

Особые условия: необычайно жесткие требования по минимизации габаритов, массы и энергопотребления модуля.

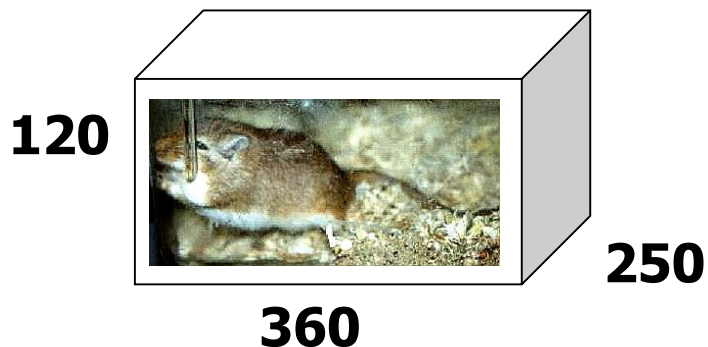
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ МОДУЛЯ «КОНТУР»

- Полностью автономная СЖО**
- Терморегуляция за счет СТР спутника «Фотон»**
- Минимизация массы, объема и энергопотребления
– 65 кг, 60 л, 61 Вт соответственно**
- Обеспечение O_2 – баллон со сжатым кислородом**
- Удаление CO_2 - химический поглотитель**
- Система управления-контроля параметров среды обитания – автономная, по заданной программе**

УСЛОВИЯ СОДЕРЖАНИЯ



Геометрические размеры клетки, мм



Площадь на одно животное при $n=12$

– 75 см²

Содержание

– свободное

Кормление

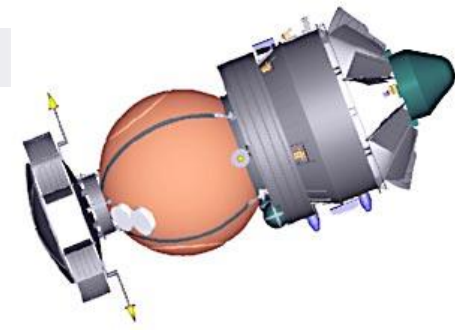
– 8 г/сутки/1 животное

Световой режим, день/ночь

– 12/12 час

Количество животных (песчанки) :

средним весом 60 г– до 12



ПАРАМЕТРЫ ГАЗОВОЙ СРЕДЫ

Содержание O_2 – от 18 до 24% (среднее 21%)

Содержание CO_2 – до 0,72%

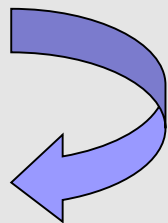
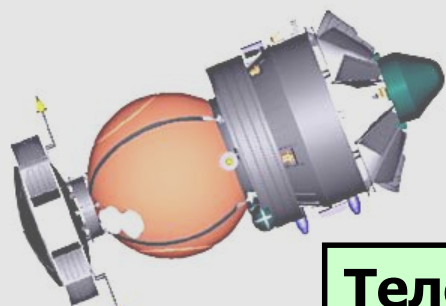
Температура – $+10^{\circ}C$ от t° окружающей среды (средняя $+25^{\circ}C$)

Относительная влажность – 20-80%

Давление – среднее значение 760 мм.Нг

(допустимые колебания от 650 до 1050 мм.Нг)

Принципы управления модулем «Контур-Л»



**Автономное управление модулем
«КОНТУР-Л»
Накопление видеоинформации**

**Телеметрическая информация
с КА «Фотон-М»**

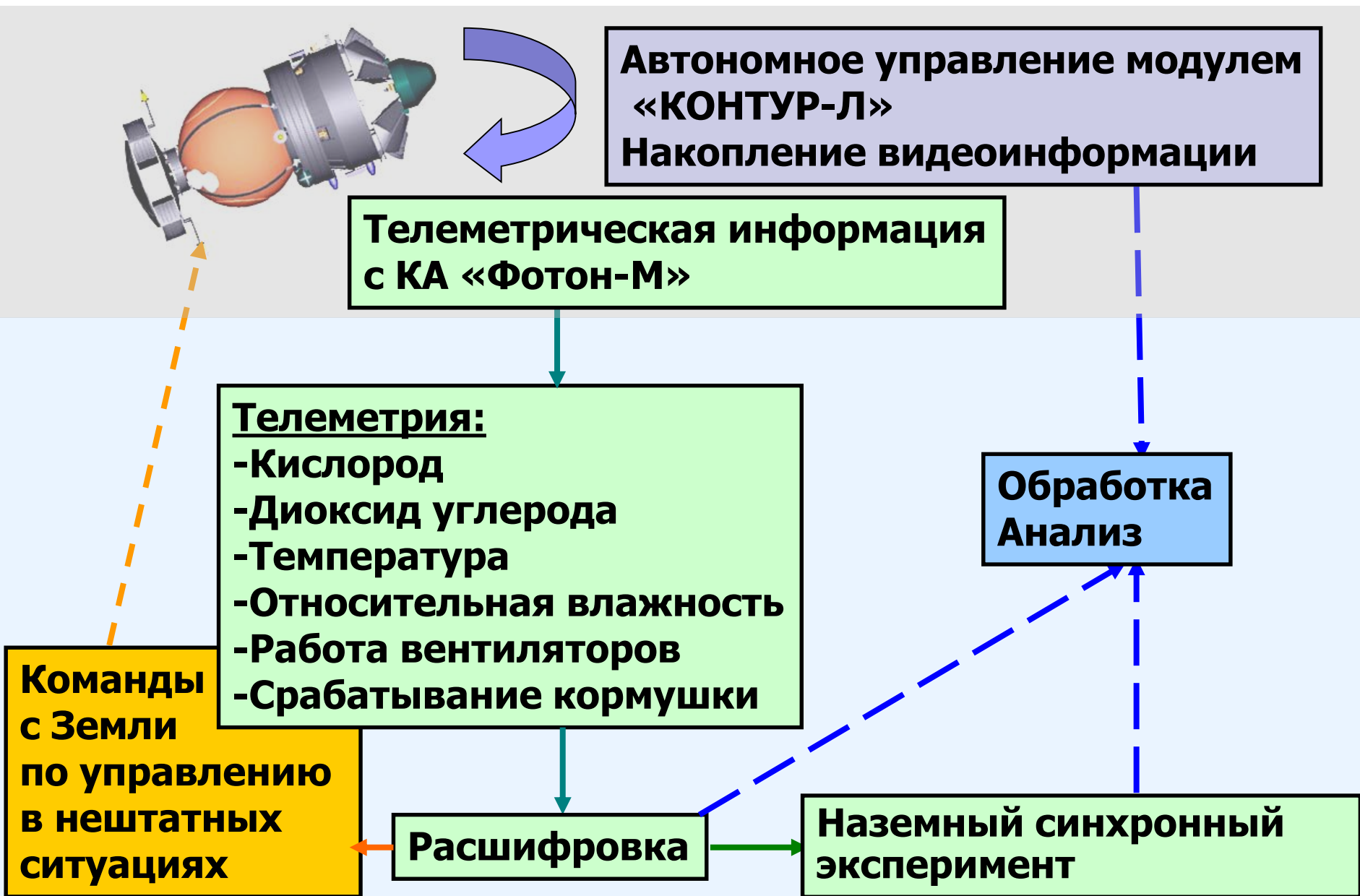
Телеметрия:
-Кислород
-Диоксид углерода
-Температура
-Относительная влажность
-Работа вентиляторов
-Срабатывание кормушки

**Обработка
Анализ**

**Команды
с Земли
по управлению
в нештатных
ситуациях**

Расшифровка

**Наземный синхронный
эксперимент**



МОДУЛЬ «КОНТУР». ОБЩАЯ СХЕМА

Система видеонаблюдения

Освещение
(день-ночь)

Клетка для животных

Блок управления и
контроля

Система
кормления

Погло-
титель-
ный
патрон

Вентилятор

Сборник
отходов

Газоанализатор

Каталитический
патрон

Баллон
O₂

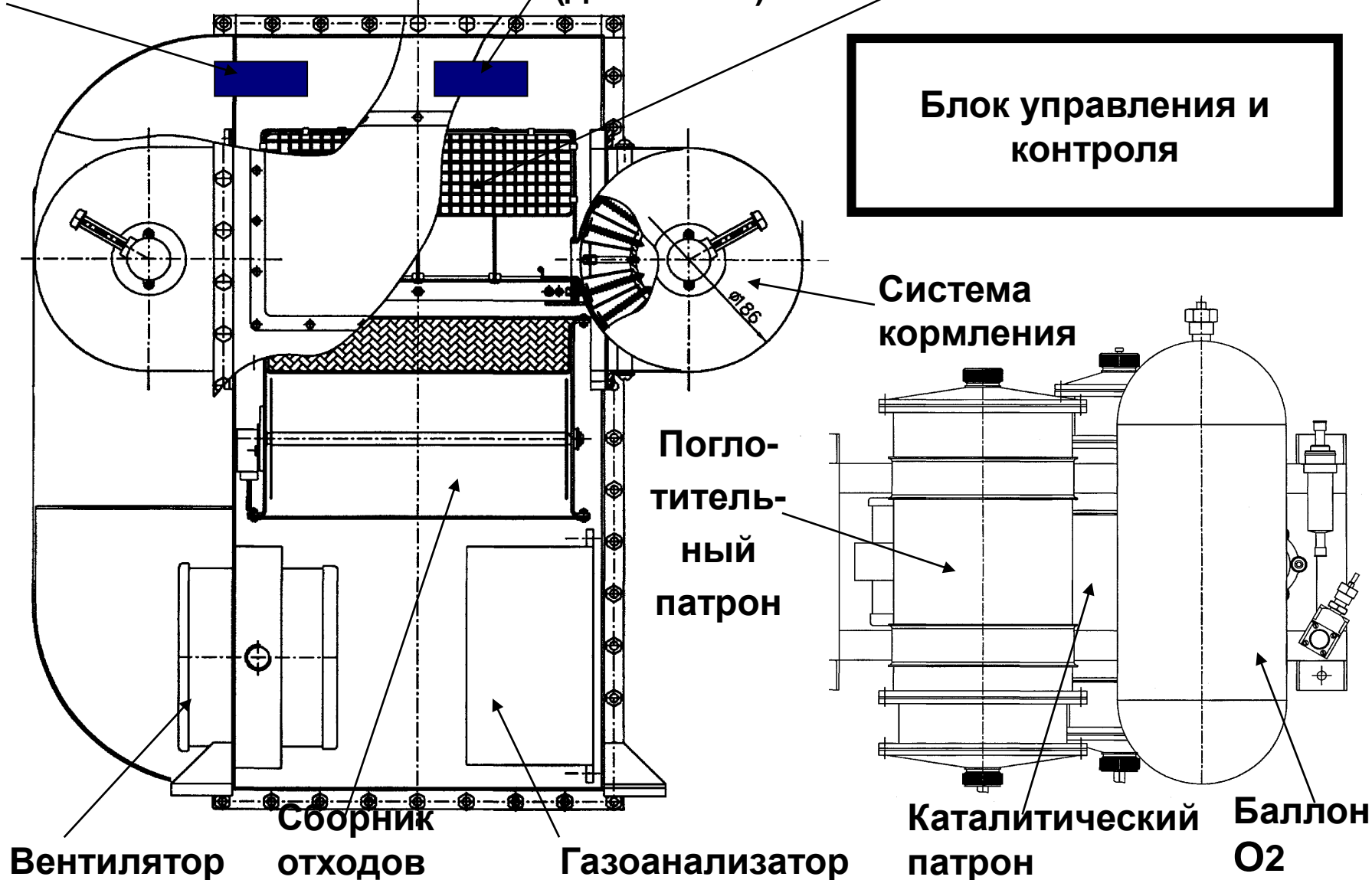
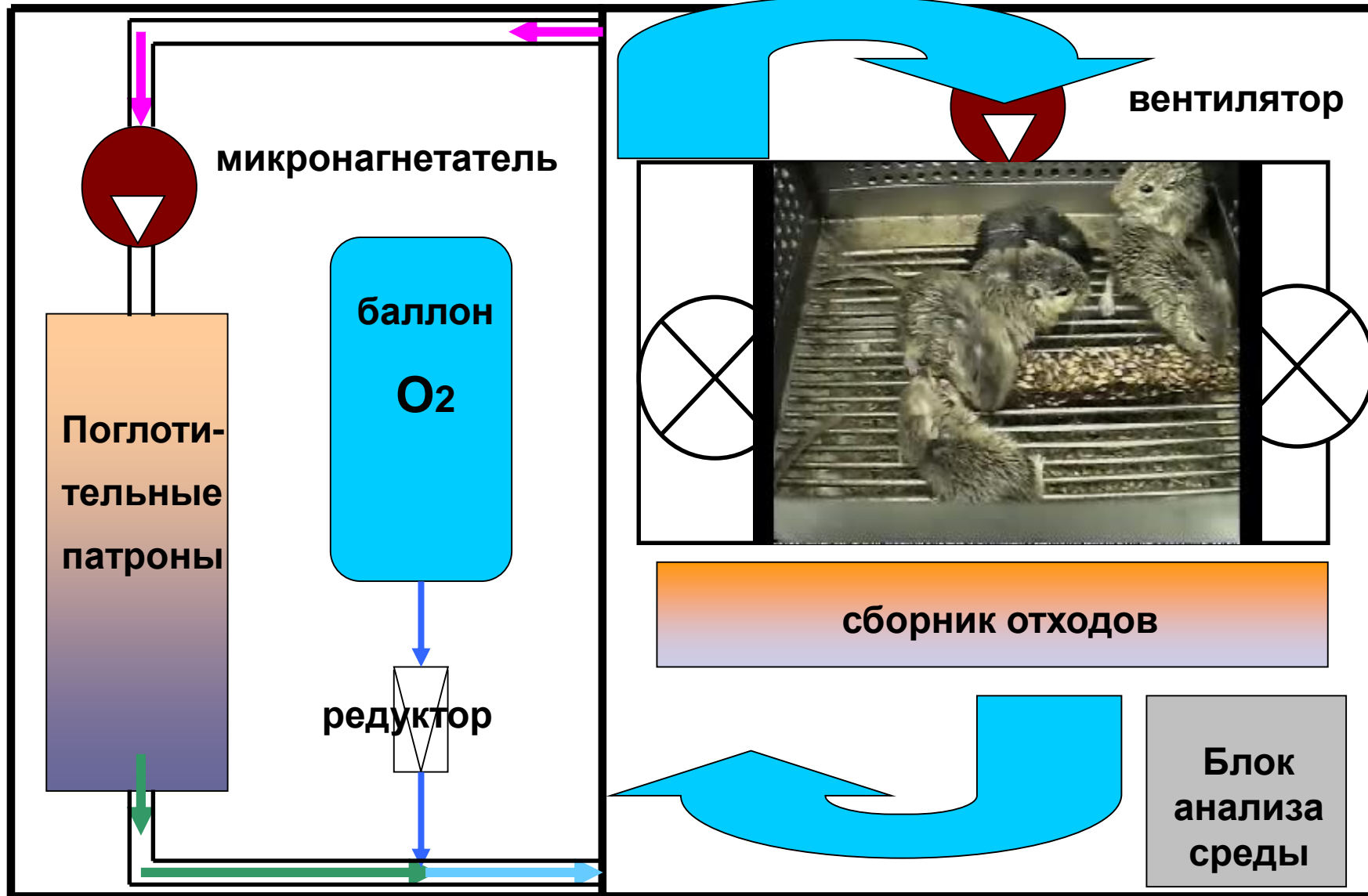


Схема функционирования модуля «КОНТУР»

Блок СОЖ

Камера



Монгольская песчанка – *Meriones unguiculatus*

Класс – Млекопитающие (Mammalia)

Отряд – Грызуны (Rodentia)

Подотряд – Мышеобразные (Myomorpha)

Семейство – Хомяковые (Cricetidae)

Подсемейство – Малые песчанки (Gerbillinae)

Подрод – *Pallasiomys*

Вид – Монгольская песчанка (*Meriones unguiculatus*)



| параметры | <i>По van Zutphen et al. (1995)</i> | <i>По Bihun (1997)</i> | <i>По Williams et al.</i> |
|------------------------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------|
| Вес самцов | 80-110 гр | 46-131 гр | - |
| Вес самок | 70-100 гр | 50-55 гр | - |
| Продолжительность жизни | 3-4 года | 24-39 мес. | до 4 лет |
| Набор хромосом | 44 | - | 44 |
| Потребление корма | - | 5-7 гр в сут. | - |
| Потребление воды | 4-7 мл | 7 мл | - |
| Выделение мочи | - | Несколько капель | - |
| Выделение кала | - | 1,5-2,5 гр | - |
| Температура тела | 38,1-38,4 С° | 38,2 С° | 37,4-39,0 С° |
| Частота дыхания | 90/мин | 85-160/мин | 70-120/мин |
| Частота сердечных сокращений | 360/мин | 260-600/мин | 260-600/мин |

Средняя и максимальная продолжительность жизни монгольских песчанок в неволе невелика и не различается по полам:

15,8±0,83 мес.; max=49 месяцев - самки

15,7±0,85 мес.; max=50 месяцев - самцы



Средняя масса тела в зависимости от возраста (Norris и Adams, 1972)

| Возраст (дни) | Масса самок (г) | Масса самцов (г) |
|----------------------|------------------------|-------------------------|
| 0 | 2,8 | 2,9 |
| 10 | 7,4 | 7,4 |
| 30 | 19,5 | 18,7 |
| 70 | 43,0 | 46,3 |
| 100 | 51,9 | 58,5 |
| 150 | 55,4 | 61,7 |

Некоторые параметры микроклимата для содержания монгольских песчанок в виварии

| Параметры | По данным Guide to the Care and Use of Experimental Animals (1980) | По данным Europaeisches Uebereinkommen (1986), | По данным Gutachten (1979) | По данным GV-SOLAS (1988) |
|--|--|---|--|---------------------------------|
| Температура в помещении | 15-24°C | 20-24°C | 20-22°C | 20-22°C |
| Влажность воздуха | 40-50% | 55%± 10% | - | 60%± 15% |
| Вентиляция | - | - | <0,2 м\с | <0,3 м\с |
| Интенсивность света в помещении (люкс) | 200 | - | 300-450 | 300-450 |
| Интенсивность света в клетке (люкс) | - | - | - | максимум 60 |
| Световые ритмы (день-ночь) | 12:12 или 14:10 часов | - | 12:12 часов | - |
| шум | Свести к минимуму внезапно возникающие громкие звуки | Защищать от громких шумовых источников | Защищать от громких шумовых источников | <50dB |
| воздухообмен | 8-10\ | 15-20\ | 15-20\ | >10\ |

Разработка кормовых брикетов

При влажности корма 16-25% вода или сочные корма песчанкам не нужны

РАЦИОНЫ КОРМЛЕНИЯ ПЕСЧАНОК (г/100г сухого продукта)

| Наименование продуктов | Стандартный виварный* | ОПЫТНЫЕ | | | | |
|-------------------------------|--------------------------|---------|------|----|----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Пшеница | 40 | 30 | 30 | 25 | 20 | 25 |
| Овес или хлопья «Геркулес» | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Просо | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Травяная мука | 10 | | | | | |
| Пшеничная мука | | | | | 6 | 5 |
| Семечки подсолнечника | 20 | 30 | 15** | 20 | 15 | 15 |
| Морковь сушеная | | | 5 | 5 | | |
| Изюм | | | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Курага | | | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Чернослив | | | | | 5 | 5 |
| Мед | | | | | 4 | 4,5 |
| Лецитин | | | | | | 0,5 |

* - добавляют сырые овощи

** - в рационе очищенные семечки



Внешний вид брикета

Брикет завернут в кальку для предотвращения прилипания к стенкам кормушки

Разработка кормовых брикетов

Приготовленные опытные корма были оценены в лабораторных экспериментах.

Результаты позволили из пяти предлагаемых рецептов, выбрать рацион №4 с максимальной поедаемостью

Изменение влажности корма при длительном хранении

| Время хранения | Влажность пробы корма |
|----------------|-----------------------|
| фон | 34,7% |
| 7 суток | 33,5% |
| 14 суток | 31,8% |
| 21 сутки | 28,2% |
| 28 суток | 16,3% |



Визуальные изменения внешнего вида кормового брикета при потере влаги

Разработка кормовых брикетов

Характеристика общей микробной обсемененности корма для песчанок (рецептура № 4, исходная влажность 25%) за 21 сутки

| Точки отбора проб | | |
|--------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Поверхность [КОЕ/тампон] | Торец брикета [КОЕ/грамм] | Поверхность под калькой [КОЕ/грамм] |
| 0 | $4,7 \times 10^2$ | $3,2 \times 10^3$ |
| Через 7 суток | | |
| $4,0 \times 10^1$ | $1,6 \times 10^3$ | $1,2 \times 10^3$ |
| Через 14 суток | | |
| $1,2 \times 10^2$ | $1,4 \times 10^4$ | $3,7 \times 10^3$ |
| Через 21 сутки | | |
| $6,4 \times 10^3$ | $3,2 \times 10^4$ | $7,3 \times 10^3$ |
| Через 60 суток | | |
| $4,0 \times 10^4$ | $4,0 \times 10^4$ | $3,2 \times 10^4$ |

Разработка кормовых брикетов

Продолжительность эксперимента 21 сутки; N=7. Площадь пола на 1 животное 75 см², что соответствует летному варианту модуля (комфортная площадь около 150 см²). Температура +22 ÷ +24 °С. Корм брикетированный, рецептура 4 (влажность 24,8%).

Поедаемость корма и изменение массы тела

| Средняя начальная масса животных, г | Средняя конечная масса животных, г | Масса корма, г | Съедено корма, г | Искрошено корма, г (мл) |
|-------------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------|-------------------------|
| 35,7±0,8 | 33,5±0,9 | 1200 | 495 | 705 (1570) |
| в среднем на 1 животное за сутки | | | | |
| Средняя прибавка в весе: | - 0,1 | 8,1 | 3,4 | 4,8 (10,7) |

Состав твердых отходов



- Шерсть - пренебрежимо мало по массе, но она распределена по всем поверхностям
- Фекалии - около 0.02% ! (не более 15г)
- Искро-
шенный корм - 99,80% (705г)

Разработка кормовых брикетов

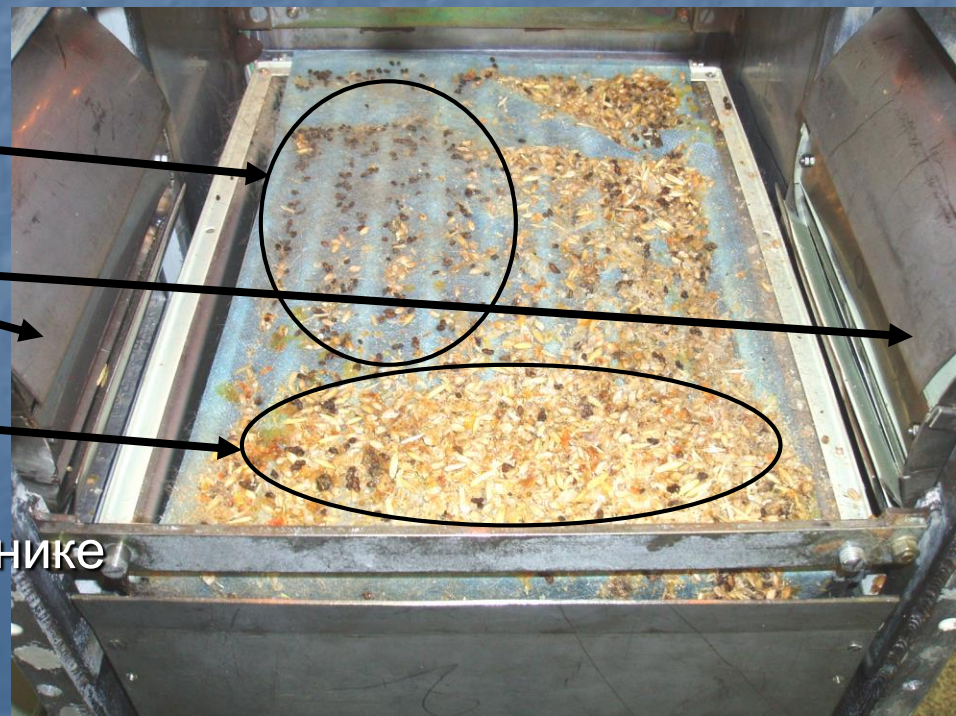
Фракционный состав твердых отходов

| Фракция | Диаметр частиц, мм | Масса фракции, % | Примечания |
|---------|--------------------|------------------|-------------------------|
| | > 10 | 1,0 | |
| | 7-10 | 5,0 | |
| | 5-7 | 21,0 | |
| | 3-5 | 55,0 | в том числе экскременты |
| < 3 | 18,0 | | |

Зона основного обитания
песчанок

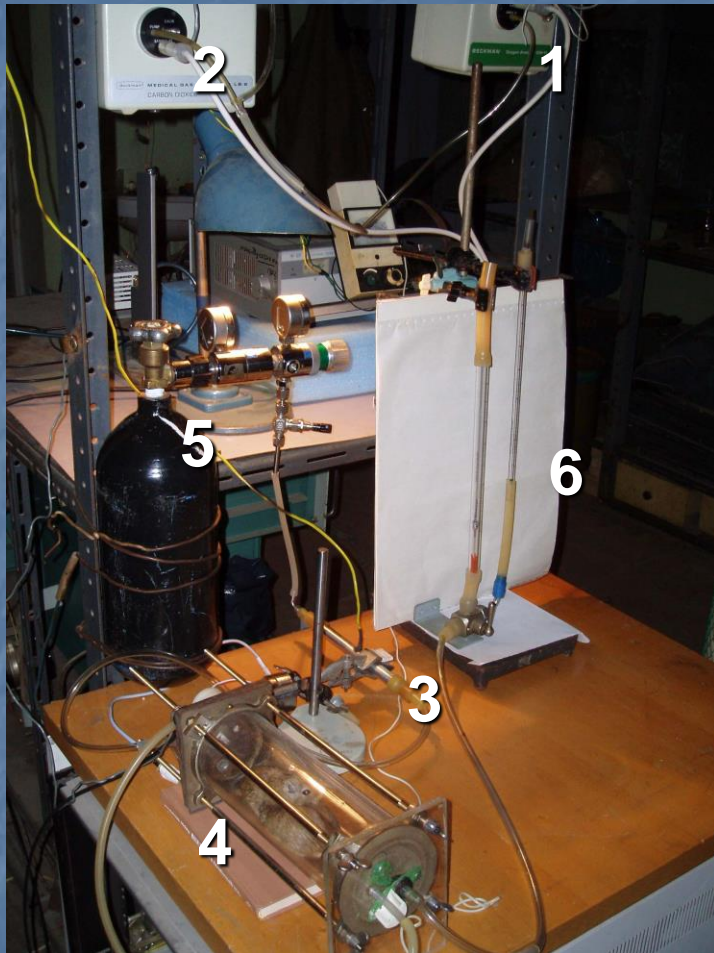
Кормушка

Зона выброса кормового
брикета из кормушки



Накопление твердых отходов на сборнике
отходов модуля. Ярко выражена
неравномерность распределения.

Методика исследования газообмена у песчанок

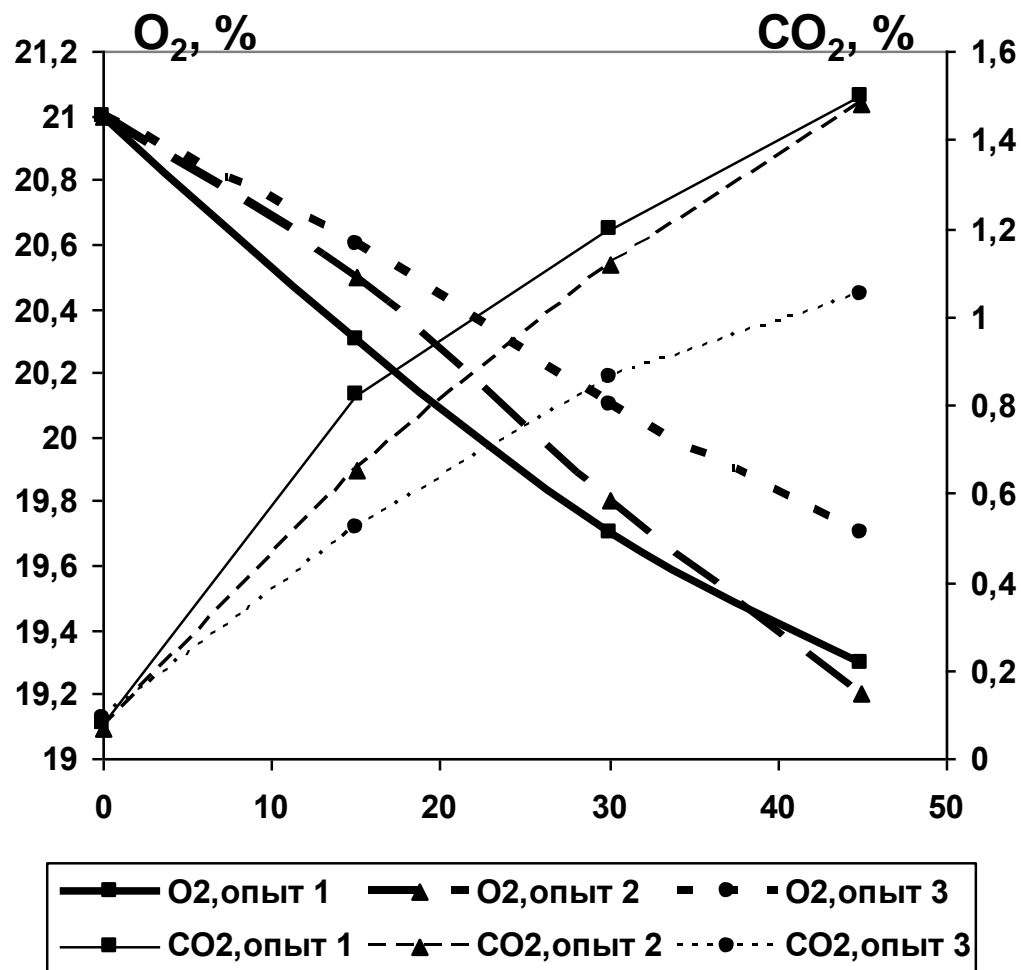


1. Газоанализатор O_2 (Beckman OM11), шкала 0-21% O_2 , точность измерения - 1%
2. Газоанализатор CO_2 (Beckman LB2), шкала 0-10% CO_2 , точность измерения - 0,2%;
3. Ультразвуковой датчик малых потоков, шкала 5-40 л/час, точность измерения - 3%;
4. Герметичная камера для животных, объем 1,3 л;
5. Устройство подачи газа в камеру;
6. Ротаметры для калибровки ультразвукового датчика потока;

Данные поступают на ПК через АЦП. Программа реализует прием данных в режиме реального времени.

Результаты исследования газообмена песчанок

Зависимость динамики падения концентрации O_2 и нарастания концентрации CO_2 в герметичной камере в зависимости от длительности периода адаптации песчанок к условиям эксперимента



Опыт 1 – животные помещены в камеру непосредственно перед опытом.

Опыт 2 – время адаптации 1 час

Опыт 3 – время адаптации 2 часа

V_{CO_2} мл/мин/кг

$34,40 \pm 3,57$

V_{CO_2} мл/мин/кг

$40,40 \pm 4,78$

ДК

$0,86 \pm 0,05$

Лабораторный прототип модуля «КОНТУР»

Основные характеристики соответствуют летному варианту модуля:

- размеры клетки;
- внутренний объем;
- организация потоков;
- принципы очистки;
- схема удаления отходов;
- принципы управления;
- освещение;
- схема видеонаблюдения

Блоки СОГС и управления

Система контроля

Камера с клеткой

Клетка, кормушка, сборник твердых отходов, система видеонаблюдения выполнены по чертежам летного варианта практически полностью.

Вентиляторы

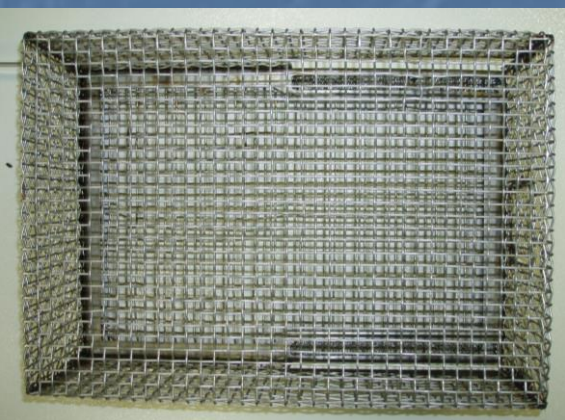
Кормушка

Сборник отходов



Лабораторный прототип модуля «КОНТУР»

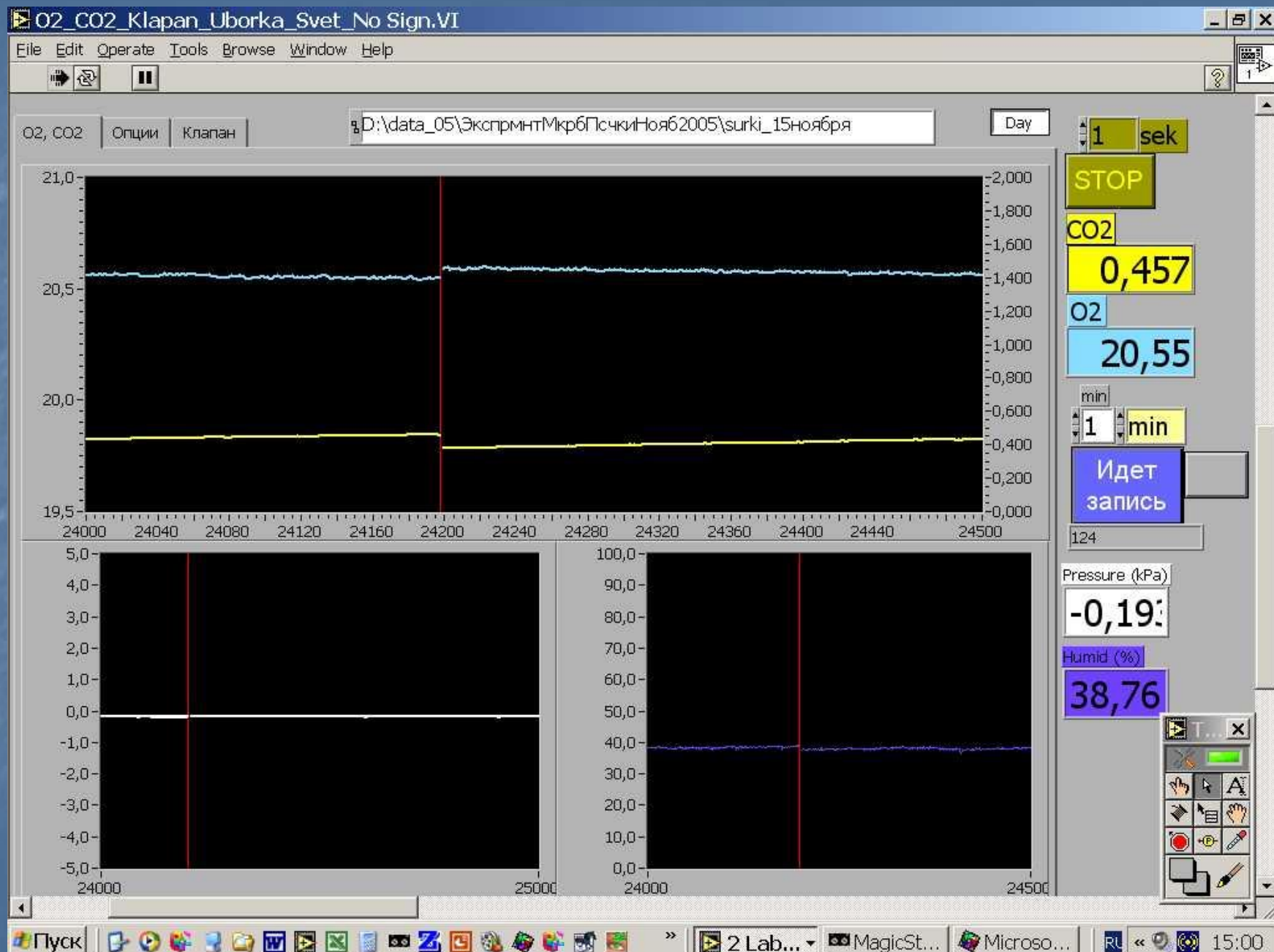
Посадка 12 песчанок в клетку



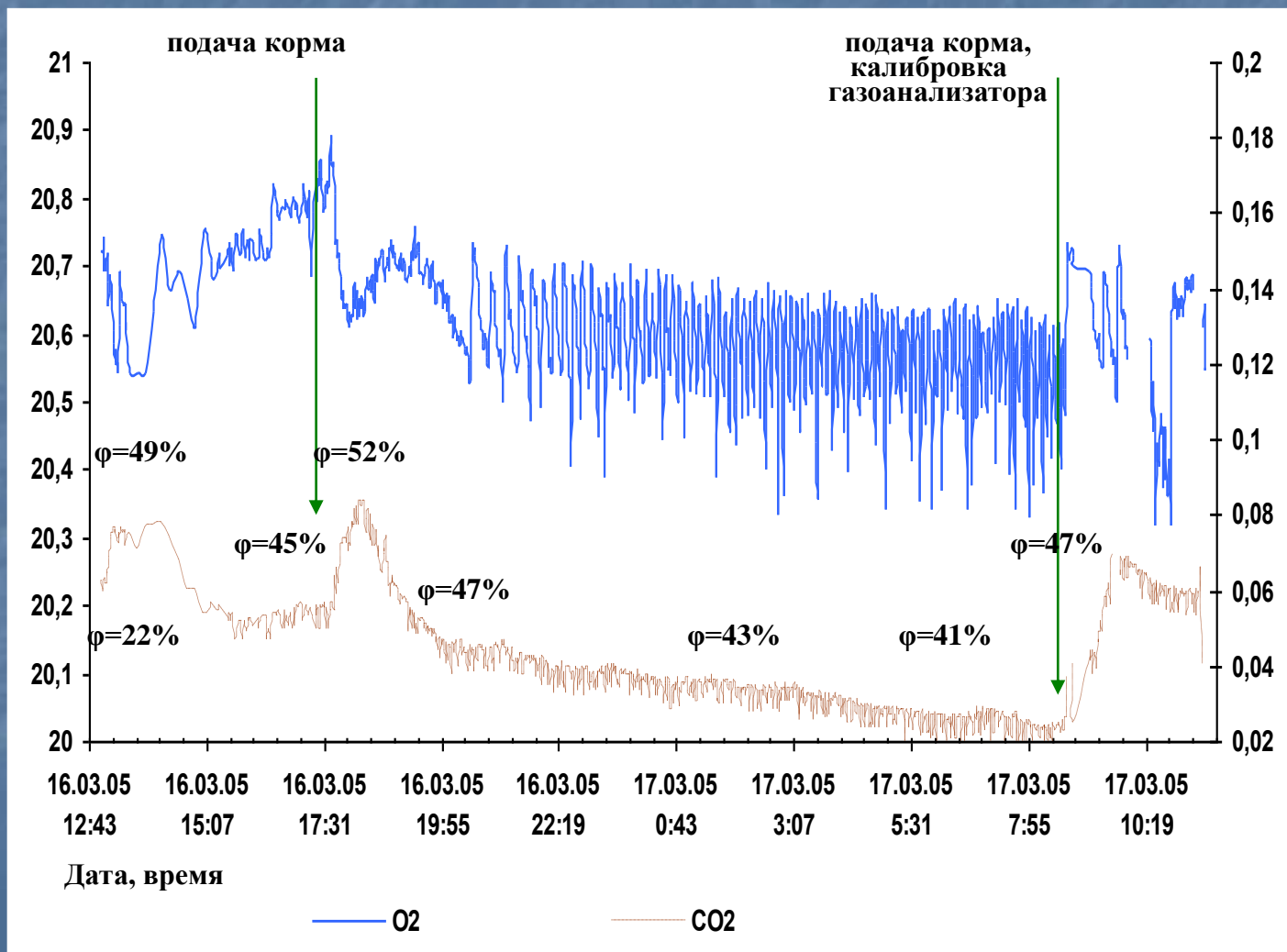
Размещение в камере клетки с животными. Передняя панель снята.



Интерфейс программы LabView 7.0 системы контроля



Основные параметры газовой среды модуля «Контур-Л». Модельный эксперимент



Объем камеры на 1 животное и объемная скорость газа через поглотительный патрон соответствуют значениям в модуле «Контур».

Средняя масса животных 54 г

Потребление O_2 : 2.1 л/сут/1 животное);

Выделение CO_2 : 1.8 л/сут/1 животное.

Среднее значение концентрации O_2 в газовой среде составило 20,6%, а CO_2 – 0.04%

Интерфейс программы работы с видеоархиватором

The screenshot displays the main interface of a video archiver. At the top, a search window titled "Поиск" (Search) shows a video frame from "Кадр 1098721" dated "15 марта 2005 г. 16:30:02". The frame contains a wireframe sphere and a speedometer. Below the frame, a yellow activity scale is visible, with a white arrow pointing to it from the text "Встроенная шкала активности" (Built-in activity scale). The interface includes a control panel on the right with buttons for "Архив" (Archive), "Настройка" (Settings), "Диск" (Disk), "По" (Go), "Управление" (Control), "Скорость" (Speed), "Поиск" (Search), "Фрагмент" (Fragment), "События" (Events), and "Выход" (Exit). The bottom status bar shows "Стоп" (Stop), "Кадр (видео) 1098721/1103058", and "Дата 15.3.2005, Вт 16:30:02 (GMT+3)".

Встроенная шкала активности

Видеоархиватор настраивается до эксперимента.

После эксперимента данные просматриваются и могут быть переписаны на ПК

Климатическая камера для воспроизведения температурного режима в объеме КА. Модуль размещается в камере



Объем 3 м³

Диапазон температур +10 - +45°C

Точность поддержания ±0,5°C

Программатор циклический

Цикл от 1 до 3 суток

Шаг установки температуры 1 час.

Время эксперимента не ограничено



Дисплей блока управления