

Chuiko S. P.*postgraduate Student at the Department of Automobiles and Transport Technologies,
«Zhytomyr Polytechnic» State University***Kravchenko A.P.***doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Automobiles and Transport Technologies,
Zhytomyr Polytechnic State University*

THE CRITERIA FOR THE HEAT LOAD OF THE DRIVER'S CABIN OF THE MAZ-206 BUS DURING THE SUMMER OPERATION

Чуйко Сергей Петрович*аспирант кафедры автомобилей и транспортных технологий
Государственного университета «Житомирская политехника»***Кравченко Александр Петрович***доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры
автомобилей и транспортных технологий
Государственного университета «Житомирская политехника»*

КРИТЕРИИ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ КАБИНЫ ВОДИТЕЛЯ АВТОБУСА MAZ-206 В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

Abstract. The maintenance of the necessary microclimate in the passenger compartment of the bus during the summer operation should be ensured by the ventilation and the air conditioning systems, which are successfully used in the modern public transport buses. The analysis of the overall heat balance of the passenger compartment is conducted and the criteria of the heat supply to the driver's cabin during the transport operation are determined on the example of the MAZ-206 bus. The microclimate compliance factors in the driver's cabin of the public transport bus and a passenger compartment are analyzed. The parameters of heat input in the passenger compartment of the bus and the driver's workplace are evaluated. A method for calculating a heat load in the driver's cabin that takes into account the factors of the heat effects taking into consideration additional structural components of the driver's workplace is proposed. The dependence of the change in temperature condition at measurable points during the movement of the bus was experimentally obtained.

Аннотация. Поддержание необходимого микроклимата в салоне автобуса при летней эксплуатации, должны обеспечивать системы вентиляции и кондиционирования, которые успешно используются в современных городских автобусах. На примере автобуса MAZ-206 выполнен анализ общего теплового баланса салона, определены критерии теплопоступлений в кабину водителя при выполнении транспортного процесса. Проанализированы факторы соблюдения микроклимата в кабине водителя городского автобуса и салона. Проведена оценка параметров теплопоступлений в салон автобуса и рабочей зоне водителя. Предложена методика расчета тепловых нагрузок на кабину водителя, в которой учтены факторы теплового воздействия с учетом дополнительных конструктивных составляющих рабочего места водителя. Экспериментально получена зависимость изменения температурного состояния в измеримых точках во время движения автобуса.

Key words: public transport bus, driver's cabin, microclimate, heat load.

Ключевые слова: автобус, кабина водителя, микроклимат, тепловую нагрузку.

Введение. В Украине активно вводятся в эксплуатацию и успешно функционируют современные городские автобусы с кондиционером. Это свидетельствует, что тепловой комфорт, в салонах общественного транспорта, приобретает все большее значение для повышения его привлекательности пользователями услуг. К таким автобусов можно отнести автобус MAZ-206.

Микроклимат в кабине водителя автобуса определяется совокупностью физических параметров: температурой, скоростью и влажностью воздуха, радиационной температурой, температурой внутренних поверхностей и тепловыделений от электрооборудования, которые имеют локальное воздействие на водителя [1]. Кроме того, к требованиям комфорта относят

способ управления климатической системой, при которой от водителя потребовалось бы минимум внимания.

Многочисленными исследованиями установлено негативное влияние неблагоприятного микроклимата в кабине водителя транспортного средства: снижается работоспособность водителя, свойственна быстрая утомляемость и создаются условия, которые снижают производительность и внимательность в работе и увеличивают вероятность аварийных ситуаций. Актуальной задачей является обеспечение микроклимата в теплое время года в кабинах городских автобусов, оборудованных кондиционером.

Задача совершенствования системы вентиляции и кондиционирования кабины водителя

и салона городского автобуса должно решаться методами системного и технико-экономического анализа с учетом всех эксплуатационных и конструктивных особенностей.

Анализ исследований и публикаций.

Исследованиями микроклимата и требований к климатическим системам колесных транспортных средств занимались Жуковский С.С., Крайник Л., Хохлачев В.П., Михайловский Е.В., Куликов Ю.А., Грибиниченко М.В., Гухой В.Г., Галич И.В., Михайлов М.В., Палутин Ю.И., Лукьяненко В.М. и другие.

В работе [2] оценивается тепловой комфорт человека в двух воздушных зонах легкового автомобиля: пассажиров и водителя. Доказано, что климат в салоне автомобиля очень неоднороден. Различные излучения, влияние переменной температуры и скорости воздуха от системы вентиляции или кондиционирования создают климат, который значительно отличается в пространстве и времени.

Ученые [3] утверждают, что продолжительность поездки в автомобиле и фактор пассажирской нагрузки существенно влияют на восприятие водителем и пассажирами уровня комфорта.

Исследованиями Кулько А.П. [4] определено, что поддержание надлежащего микроклимата в кабине автобуса «Волжанин - 5270» возможно с помощью вихревой трубы, которая должна подавать сжатый воздух от автономного источника.

Авторами [5] доказано, что эффективный контроль микроклимата в транспортном средстве хотя традиционно считается важным для комфорта, но при отрицательных эффектах температурного режима оказывает существенное влияние на производительность водителя и рассматривается как фактор безопасности дорожного движения. Установлено значительное влияние на бдительность водителя при температуре 27°C по сравнению с температурой 21°C в транспортном средстве: водители пропускают на 50% больше сигналов представленных в первый час, а время

реакции на 22% медленнее при повышенном уровне температуры.

Анализ тепловых балансов салонов современных автомобилей для летнего периода года показывает, что подвод теплоты от солнечной радиации составляет 30 - 50% общего количества теплоты, тепловыделение от водителя 15 - 20% и пассажиров 12 - 40%, от работающего электрооборудования и агрегатов силового отделения автомобиля 5 - 15% [6, 7].

Исходя из вышеуказанного, можно утверждать, что в литературных источниках не освещены исследования динамического взаимодействия микроклимата рабочего места водителя с салоном автобуса через отдельные эксплуатационные факторы и конструктивное расположение каналов подачи холодного воздуха от кондиционера.

Результаты исследования.

Комфорт водителя и пассажиров, в салоне городского автобуса, является важным показателем качества предоставления транспортных услуг и решающим фактором в выборе режима перевозки пассажиров. Ощущение теплового комфорта обеспечивается факторами, которые зависят от теплообмена между телом человека и окружающей средой [1, 8, 9].

Количество свежего воздуха, поступающего в салон автобуса, может изменяться в достаточно широких пределах в зависимости от режима работы вентилятора, скорости движения автомобиля, положение открывания окон и др.

Система вентиляции автомобиля должна обеспечивать приток свежего воздуха в салон легкового автомобиля не менее 150 м³ / ч. а в летнее время, с целью удаления из салона теплоизбытков, расход воздуха в системе необходимо повышать до 250-300 м³ / час. [4], что достигается путем использования набегающего потока.

Санитарно-технические средства автомобиля, к которым относится кондиционирования, должны обеспечивать поддержку в кабине автомобиля оптимальные параметры микроклимата [10, 11] (табл.1). Перепад температуры воздуха по высоте кабины не должен превышать 3°C.

Таблица 1

Оптимальные нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в кабинах автомобилей

Период года	Температура воздуха, °C	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не больше
Теплый	20 - 25	60 – 40	0,2
	21 - 23	60 - 40	0,3
Холодный и переходные условия	18 - 20	60 - 40	0,2

К микроклимату воздушной среды салона автобуса, вместе с тем, относятся соответствующие санитарно-гигиенические требования, заключающиеся в поддержании надлежащих допустимых концентраций газовых и пылевых вредных веществ, количества углекислоты, выделяемой

человеком при дыхании, устранение бактериальной загрязненности посторонних запахов.

Все виды поступлений тепла в салон автобуса особенно усиливаются в летний период времени. Температура окружающего воздуха и время посадки-высадки пассажиров предоставляет прямо пропорциональное влияние на изменение

жесткости (тяжести) условий тепловой эксплуатации. При повышении температуры воздуха и увеличении времени простоя на остановках, для посадки-высадки пассажиров, растет количество теплоты, поступающей в салон при открытых дверях [12].

Процесс нагрева воздуха в салоне городского автобуса возможно представить с помощью уравнения теплового баланса [15]

$$Q_T = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n-1} Q_s + \sum_{i=1}^{n-1} Q_{конв}, \quad (1)$$

где Q_T - теплота, которая поступает в салон автобуса, Дж;

Q_s - теплота, которая поступает в салон через составляющие кузова автобуса на j -му перегоне маршрута, Дж;

$Q_{конв}$ - теплота, которая поступает в результате открытия дверей салона (конвекции) автобуса для посадки-высадки пассажиров на j -й технологической остановке, Дж;

m - количество перегонов (участков между технологическими остановками).

Конвективные тепловые потоки между внутренним воздухом и поверхностями составляющих кузова рассчитываются

$$Q_{тп} = Q_d + Q_n + Q_б, \quad (2)$$

где Q_k - конвективное тепло с крыши, Вт;

Q_n - конвективное тепло с пола, Вт;

$Q_б$ - конвективное тепло с боковин кузова, Вт.

$$Q_d = K_d F_d (T_d - T_i); \quad (3)$$

$$Q_n = K_n F_n (T_{зп} - T_i); \quad (4)$$

$$Q_б = K_б F_б (T_{зп} - T_i), \quad (5)$$

где K_k , K_n , $K_б$ - коэффициенты теплопередачи крыши, пола и боковин;

F_k , F_n , $F_б$ - площади крыши, пола и боковин, м²;

$T_{зп}$, T_i , T_d - температура наружного воздуха, температура в салоне, температура крыши, °C.

Тепловой расчет окон кабины состоит из передаваемого тепла от переднего ветрового стекла и боковых стекол, которые рассчитываются

$$Q_{ок} = Q_f + Q_b; \quad (6)$$

$$Q_f = K_{gf} F_{gf} (T_{зп} - T_i); \quad (7)$$

$$Q_b = K_{gb} F_{gb} (T_{зп} - T_i), \quad (8)$$

где Q_f - конвективное тепло от ветрового окна, Вт;

$Q_б$ - конвективное тепло от бокового окна, Вт.

K_{gf} , K_{gb} - коэффициенты теплопередачи ветрового и бокового окон;

F_{gf} , F_{gb} - площади ветрового стекла и боковых окон, м².

Для определения дополнительной тепловой нагрузки салона автобуса в зоне кабины водителя,

в расчет принимаются показатели передачи тепла через ветровое стекло. Тепло влияние от бокового окна кабины водителя относим к площади общего расчета теплонагруженные на салон от прозрачных составляющих.

Для определения температуры в кабине водителя автобуса применяется выражение

$$T_{kb} = t_k + S_t \cdot (t_v - t_N), \quad (9)$$

где t_k - температура воздуха в кабине водителя на момент начала движения по маршруту, °C;

S_t - корректирующий показатель ощущение изменения температурного воздействия окружающей среды, °C/°C;

t_v - температура окружающего воздуха, °C;

t_N - нормированный температурный режим транспортного процесса, C.

На температурный режим кабины водителя влияют количество и продолжительность простоя на остановках с открытыми дверями для посадки-высадки пассажиров, особенно когда водитель задействует к посадке только передние двери, расположенные напротив кабины.

Зависимость температуры воздуха в кабине от продолжительности такого простоя определяется выражением

$$T_k = t_k + S_{пв} \cdot t_{пв}, \quad (10)$$

где t_k - температура повітря в кабіні автобуса, °C;

$S_{пв}$ - параметр коригування часу посадки-висадки пасажирів, °C/час.;

$t_{пв}$ - время посадки-высадки пассажиров на маршруте, мин.

Конвективный теплообмен на внутренней поверхности салона носит сложный характер. Около нагретых или охлажденных поверхностей возникают конвективные токи, определяющие теплообмен между поверхностью и воздухом. Здесь имеет место свободная конвекция.

Вследствие подачи воздуха, при работе системы вентиляции, на поверхностях салона происходит и вынужденная конвекция. Для упрощения расчета стенки салона автобуса будем считать плоскими, тогда критерий Nu при огибания стенок салона автомобиля воздухом в условиях смешанной конвекции рассматривается при условии [13]

$$Nu_{см}^3 = Nu_{св}^3 + Nu_{вн}^3, \quad (11)$$

где $Nu_{см}$ - критерий Нуссельта в условиях смешанной конвекции;

$Nu_{св}$ - критерий Нуссельта для свободной конвекции;

$Nu_{вн}$ - критерий Нуссельта для вынужденной конвекции.

Учитывая, что кабина водителя современного автобуса МАЗ-206, который принят к эксперименту, оснащена многими дополнительными приборами и устройствами,

выполняющие вспомогательные функции в управлении автобусом, возникает потребность учета вспомогательных тепlopоступлений от них.

Тепlopоступления от приборов и оборудования в кабине определяется выражением

$$Q_{пп} = Q_{ел} + Q_{еп} + Q_{ед} + Q_{ео} + Q_{до}, \quad (12)$$

где $Q_{ел}$ – тепловыделение контрольных ламп щитка приборов и ламп освещения кабины (практически эквивалентно их мощности),

$Q_{еп}$ – тепловыделение от электропроводки, Вт;

$Q_{ед}$ – тепловыделения от электродвигателей, Вт;

$Q_{ео}$ – тепловыделение от дополнительного электрооборудования кабины (радиостанций, звуко-усилительных приборов и т. д., Вт).

$Q_{до}$ – тепловыделение от неэлектрического оборудования (гидравлического и т. д.), установленного в кабине, Вт.

$$Q_{ед} = (1 - \eta) \cdot N_{дв}, \quad (13)$$

где η – КПД электродвигателя;

N – мощность электродвигателя, Вт.

Величины $Q_{ео}$ и $Q_{до}$ определяются только экспериментальным путем для каждого прибора и агрегата, который находится в кабине. Для большинства приборов величину тепловыделения, которые чрезмерно малы, необходимо определять калориметрическим методом.

Теплота, которая передается от водителя при температуре воздуха в кабине $+18... + 30$ ° C определяется выражением [7]

$$Q_{в} = z_{п} \cdot (186 - 1,8T_{п}), \quad (14)$$

где $z_{п}$ – число членов экипажа,

$T_{п}$ – температура воздуха в кабине, °C.

При экспериментальном исследовании величины $Q_{п}$ были получены следующие результаты: тепловыделение от водителя на конечной остановке составляла 95-120 Вт, в период движения по маршруту - 180 Вт.

Основным определяющим тепловым фактором микроклимата в кабине автобуса является температура воздуха [14]. Поскольку комфорт — это субъективное понятие, то эффективность тепловой нагрузки салона автобуса, который оборудован кондиционером, целесообразно проводить по температурно-временной характеристикой воздуха в контрольных точках, расположенных в зоне размещения пассажиров в салоне и в кабине водителя (рис. 1). Фактор размещения точек в зоне головы пассажиров и водителя является доминирующим. Объясняется это особенностью конструктивного расположения плоскости пола на разных уровнях. Измерения микроклиматических параметров в кабине производилось при выполнении автобусом технологического процесса.

На рис.1 показано размещение контрольных точек в процессе проведения экспериментального исследования. Точки 1а - зона головы водителя, 1б - зона ног водителя (на высоте 1,5 и 0,5 м от пола, соответственно); точка 2а - зона головы для стоячего пассажира (на высоте 1,75 м от пола); точка 3а - зона головы для сидящего пассажира (на высоте 1,3 м от пола).

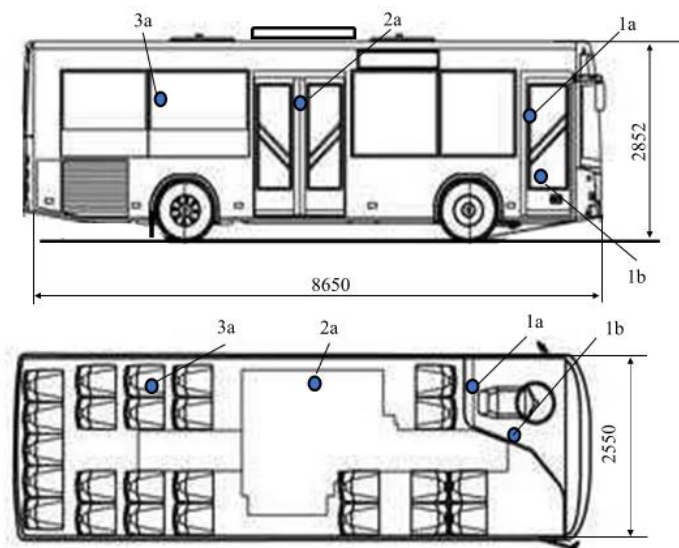


Рис. 1. Точки замера показателей микроклимата в салоне автобуса.

Результаты экспериментального исследования температурных показателей и скорости воздуха в автобусе представлены в таблице 2.

В результате обследования основных климатических показателей в кабине водителя

автобуса с включённым кондиционером, внешняя температура воздуха составляла 29,1-29,7°С.

Полученные температурные показатели свидетельствуют, что тепlopоступления в кабине

автобуса имеет большее значение и не соответствует оптимальным нормам (табл. 1).

Пунктиром показана закономерность изменения тепловой нагрузки в кабине водителя с продолжительностью движения по маршруту.

Представленное свидетельство, что среднее температурное значение в кабине выше по сравнению с измеримыми значениями точках салона - 2а и 3а.

Таблица 2

Обобщенные результаты обследования показателей температуры и скорости воздуха в автобусе согласно определенных точек контроля

	t, °C	V, м/с	Отклонения t, °C	Отклонения V, м/с
Точка 1а	27,8	0,3	2,2	2,0
Точка 1b	25,3	0,2	2,0	3,4
Точка 2а	26,4	0,4	1,8	3,1
Точка 3а	26,5	0,3	1,7	2,7

Таким образом, основной характеристикой температурных условий в кабине водителя автобуса, которая зависит от ряда факторов, является:

- теплообмен внешних поверхностей кузова с окружающей средой;
- теплообмен поверхностей, которые обращены в кабину и выделяют тепло;
- теплоступления от нагретого оборудования;
- теплопередачи при открытии дверей для пассажиров и теплопотери на инфильтрацию;
- теплоступления от солнечной радиации.

Методы по обеспечению микроклимата на рабочем месте водителя условно можно разделить на активные и пассивные. К первому относятся все технические средства создания комфортных микроклиматических условий в рабочей зоне водителя, а ко второму - влияние салонных теплоступлений с конвективной нагрузкой при открытых дверях на остановках при посадке-высадке пассажиров.

Снижение воздействия неблагоприятного микроклимата на рабочем месте водителя городского автобуса и улучшение параметров микроклимата, позволяют решить одну из важнейших задач улучшения условий труда и сохранению здоровья водителю. Очевидно, что от состояния водителя автобуса зависит безопасность пассажиров, качество выполнения транспортного процесса и эффективность управления климатической установкой.

Выводы. Определены критерии теплоступлений в кабину водителя автобуса при выполнении транспортного процесса. Предложенная методика расчета тепловых нагрузок на рабочее место водителя, которая позволяет учесть определенные приоритеты общего тепловой нагрузки на салон. Экспериментально получена зависимость изменения температурного состояния в измеримых точках салона во время движения автобуса.

Поддержание нормированного климатической среды в автобусе влияет на продолжительность

работы кондиционера, как источника дополнительного расхода топлива силовым агрегатом. Это служит направленностью на следующие исследования топливной экономичности автобуса при выполнении транспортного процесса с использованием кондиционера.

Список литературы

1. Кравченко О.П. Дослідження теплового балансу салону автобусу у теплий період року / О.П. Кравченко, С.П. Чуйко // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Науковий журнал. №3 (251). – Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2019. - С. 101-106.
2. Ivanescu M., Neacsu C., Tabacu S., The human thermal comfort evaluation inside the passenger compartment, in: World Automotive Congress, Budapest, Hungary, 2010, pp. 196-209.
3. Xianghao Shen, Shumin Feng, Zhenning Li. Analysis of bus passenger based on passenger load factor and in-vehicle time. Peoples Republic of China, 2016.
4. Кулько А.П. Система нормализации микроклимата на основе вихревого эффекта кабины водителя городского и пригородного автобусов: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.22.10 Эксплуатация автомобильного транспорта / Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета. – Волгоград, 2004. - 19 с.
5. Norin F., Wyon D. Driver Vigilance . The Effects of Compartment Temperature. SAE 920168, 1992.
6. Михайлов, М.В. Микроклимат в кабинах мобильных машин. / М.В. Михайлов, С.В. Гусева. – М.: Машиностроение, 1977. – 230 с.
7. Хомяков В. П. Вентиляция, отопление и обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей. – М.: Машиностроение, 1987. – 152 с.
8. Dell’Olio L, Angel I, Patricia C The quality of service desired by public transport users. Transp Policy 18: (2011) pp. 217–227.

9. Eboli L, Mazzula G A: Methodology for evaluating transit service quality based on subjective and objective measures from the passenger's point of view. *Transp Policy* 18:(2011), pp.172–181.
10. СанПиН от 14 июня 2013 г. № 47. Санитарные нормы и правила «Требования к условиям труда водителей автомобильного транспорта». Издание официальное Министерство здравоохранения Республики Беларусь г. Минск, 2013 г.
11. Грицук И.В. Анализ требований к микроклимату рабочего места водителя колесного транспортного средства / И.В. Грицук, А.М. Гуцин, З.И. Краснокутская, М.С. Момот, А.Л. Ушаков // *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*. – Донецьк: ДААТ. – 2014. – № 4 (2). – С. 66–71.
12. Roberto de Lieto Vollaro: Indoor climate analysis for urban mobility buses: a CFD model for the evaluation of thermal comfort / *International Journal of Environmental Protection and Policy*. Vol. 1, No. 1, 2013, pp. 1 - 8.
13. Справочник по теплообменникам. В 2-х т. Под ред. Мартыненко и др. – М.: Энергоатомиздат, 1987. 560 с.
14. Жуковский С.С. Вентилювання приміщень / С.С. Жуковський, О.Т. Возняк, О.М. Довбуш, З.С. Люльчак: Навч. посібник. - Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007. - 476 с.
15. Кравченко О. Чуйко С. П. Визначення конвективного теплообміну у салоні міського автобусу на зупинках при відкритих дверях / О. Кравченко, С. Чуйко // *Збірник тез I Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем» (21-23 травня 2019 р., м. Рівне)*. - Рівне: НУВГП, 2019. - С. 150-151.

Щеткин Борис Николаевич

*доктор технических наук., доцент,
профессор кафедры социально-гуманитарных и профессиональных дисциплин
Пермского института ФСИИ России,
614012, г. Пермь, ул. Карпинского д.125,*

ФОРМИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИОННЫХ СТРУКТУР - ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

B.N.Stchetkin

THE INTEGRATION STRUCTURES FORMATION - THE WAY OF INCREASING THE STABILITY OF AGRICULTURAL SECTOR ENTERPRISES

Аннотация. Одно из направлений экологизации экономического развития – это широкое развитие малоотходных и ресурсосберегающих технологий. Разработанный автором (в соавторстве) технологический комплекс по утилизации птичьего помета (установка пневмотермической сушки – УПС-1 и установка термического компостирования) был применен на птицефабриках Пермского края. Полученный на УПС-1 сушеный птичий помет (СПП) и гранулированный (ГСПП), в серии полевых опытов вносился, в качестве удобрения, на поля Пермского края и Ленинградской области. Выявлено – данное удобрение оказывает влияние как на урожайность сельскохозяйственных культур, так и на элементы плодородия почв. Предложенная автором методология совершенствования комплексного управления устойчивым развитием предприятий АПК на основе технико-эколого-экономической системы (ТЭС) заключается в замкнутом цикле воспроизводства: корма → животные → навоз, помет (переработка) → удобрение → почва → растения → корма.

Annotation. One of the ecological and economic development trends is a broad development of low-waste and resource-saving technologies. Technological complex the utilization of bird dung developed by the author (in co-authorship) (a pneumothermal dryer installation – PDI-1 and thermal composting installation) was used in the poultry farms of the Perm region. Dried bird dung (DBD) and granulated dried bird dung (GDBD) obtained at the UPS-1 in a series of field experiments was introduced as a fertilizer on the fields of Perm and Leningrad region. As it was found - this fertilizer influences the crop yields and the elements of soil fertility. The methodology of improvement the integrated management of a sustainable development of agricultural enterprises on the basis of techno-eco-economic system (TEES) introduced by the author is a closed cycle of reproduction: fodder → animals → manure, dung (processing) → fertilizer → soil → plants → fodder.

Ключевые слова: сельское хозяйство, экология, отходы, утилизация, урожайность, органическое и органоминеральное удобрение, экономика.

Key words: agriculture, ecology, waste, utilization, crop capacity, organic and organic-mineral fertilizers, economy