

Формирование сводного топливно-энергетического баланса в рамках региональной информационно-аналитической системы

И.Д. Ратманова, М.А. Кулешов
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
г. Иваново, Российская Федерация
E-mail: idr@osi.ispu.ru

Авторское резюме

Состояние вопроса: Топливо-энергетический комплекс региона отличается сложной многоуровневой структурой, многообразием связей, многоплановостью проявлений своих характеристик. Управление такой структурой невозможно без соответствующим образом организованной информационной поддержки. Признано, что балансовый подход дает возможность осуществлять анализ изменений в структуре производства и потребления топлива и энергии, определять основные направления развития топливно-энергетического комплекса, выполнять определение целевых показателей эффективности его функционирования. К настоящему времени накоплен определенный опыт составления топливно-энергетических балансов территориальных образований. Вместе с тем вопросы информационно-аналитического сопровождения этого процесса проработаны слабо. В связи с этим актуальным является разработка информационной модели сводного топливно-энергетического баланса региона, а также технологии автоматизированного формирования баланса в рамках региональной информационно-аналитической системы ведения топливно-энергетических балансов.

Материалы и методы: Исследованы отечественные и зарубежные подходы к составлению сводных топливно-энергетических балансов территориальных образований. Систематизирован опыт многолетнего проведения мониторинга топливно-энергетических балансов поставщиков и потребителей топливно-энергетических ресурсов ряда регионов Российской Федерации в рамках информационно-аналитической системы ведения топливно-энергетических балансов.

Результаты: Разработана информационная модель сводного топливно-энергетического баланса региона, положенная в основу аналитической витрины, в которой накапливаются ретроспективные показатели балансов. Разработаны принципы агрегирования показателей сводного топливно-энергетического баланса региона на основе показателей балансов по отдельным видам топливно-энергетических ресурсов, которые формируются в информационно-аналитической системе ведения топливно-энергетических балансов.

Выводы: Информационная модель сводного топливно-энергетического баланса региона позволяет оценить состояние региональной энергетической инфраструктуры, определить эффективность ее функционирования, с учетом показателей интенсивного развития экономики региона прогнозировать последующие периоды функционирования топливно-энергетического комплекса.

Ключевые слова: топливно-энергетический комплекс региона, топливно-энергетический баланс, топливно-энергетические ресурсы, региональная информационно-аналитическая система, информационная поддержка принятия решений.

Consolidated fuel and energy balance development within regional information analysis system

I.D. Ratmanova, M.A. Kuleshov
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo, Russian Federation
E-mail: idr@osi.ispu.ru

Abstract

Background: Regional fuel and energy complexes (FEC) have a compound multi-level structure, a variety of dependences and a diversity of behavior patterns. Such structure cannot be controlled without an organized informational decision support system. It is recognized that the balance approach allows analyzing changes in fuel and energy production and consumption structure, identifying the main directions of FEC development and outlining its efficiency criteria. By now, certain experience has been accumulated in making up fuel and energy balance sheets for territorial entities. But the information analysis support for this process is still developed rather poorly. Therefore, it is urgent to create an information model of a regional consolidated fuel and energy balance and a technology of automated balance generation within the regional information analysis system of fuel and energy balances support (IAS FEB), designed by Ivanovo State Power Engineering University.

Materials and methods: We have investigated local and foreign approaches to regional consolidated fuel and energy balance development. We have systematized the years-long experience of suppliers' and consumers' fuel and energy balances monitoring in a number of Russian Federation regions within «IAS FEB».

Results: We have developed an informational model of regional consolidated fuel and energy balance, which became the basis of an analytic showcase for balance criteria retrospective accumulation. We have worked out principles of regional consolidated balances criteria aggregation based on certain fuel and energy resources balance criteria obtained by «IAS FEB».

Conclusions: The developed consolidated fuel and energy balance information system of a region makes it possible to estimate the state of the regional energy infrastructure, determine its operation efficiency and predict further operation periods using the region's intensive development criteria.

Key words: regional fuel and energy complex, fuel and energy balance, fuel and energy resources, regional information analysis system, informational decision support.

Характерными свойствами топливно-энергетического комплекса (ТЭК) региона являются: многоотраслевая и территориально распределенная структура; значительная длительность жизненного цикла; принадлежность большому количеству ведомств; объединение объектов различных видов деятельности, форм собственности и принципов работы. В качестве одного из возможных путей исследования состояния ТЭК целесообразно применение балансового метода [1].

Балансовый метод довольно часто используется в практической деятельности при оценке экономичности и устойчивости функционирования различного рода социально-экономических и технических систем. С его помощью осуществляются увязка потребностей и ресурсов, соизмерение затрат и результатов, обеспечивается единство и сбалансированность всех элементов. Балансовый метод также используется для нахождения и определения путей преодоления отдельных диспропорций в исследуемой системе.

Для реализации балансового подхода в ТЭК составляется топливно-энергетический баланс (ТЭБ), представляющий собой систему показателей, отражающих соответствие между приходом и расходом топливно-энергетических ресурсов, источники их поступления и направления использования. Топливо-энергетический баланс разрабатывается по стране в целом, по субъектам Российской Федерации и муниципальным образованиям, по отдельным организациям и энергетическим объектам. Различают сводный ТЭБ и балансы по отдельным видам ТЭР (однопродуктовые балансы), плановые и отчетные балансы. ТЭБ региона необходим для понимания, на какие цели расходуются те или иные энергоресурсы, как они трансформируются из одних форм в другие, в каких секторах экономики и в каких пропорциях они потребляются. ТЭБ можно рассматривать как один из видов информационных моделей ТЭК, который позволяет отразить важнейшие энергетические связи и пропорции.

В ИГЭУ создана информационно-аналитическая система ведения топливно-энергетических балансов (ИАС ТЭБ) региона, в рамках которой выполняется мониторинг топ-

ливо-энергетических балансов поставщиков и потребителей ТЭР в целях организации информационно-аналитического сопровождения энергетической политики на региональном уровне [2, 3]. К настоящему времени в хранилищах данных ИАС ТЭБ накоплена большая ретроспектива показателей топливно-энергетических балансов ряда регионов Российской Федерации. При этом информация представлена по организациям (т. е. «в лицах»), занимающимся добычей, производством, поставками, распределением и потреблением первичных и вторичных топливно-энергетических ресурсов. Поддерживается интеграция данных из нескольких источников, включая муниципальное образование, Росстат, региональный филиал ОАО «СО ЕЭС» (РДУ) и др. Система отчетов ИАС ТЭБ позволяет формировать ежегодно однопродуктовые балансы по всем используемым в регионе топливно-энергетическим ресурсам.

Ниже предлагается информационная модель сводного топливно-энергетического баланса региона и аналитическая витрина ретроспективных данных по показателям сводных балансов в рамках ИАС ТЭБ. Построенная аналитическая витрина может использоваться для ретроспективного структурного анализа целевых показателей энергетической эффективности ТЭК.

В целях формирования целостной информационной модели сводного ТЭБ региона были исследованы подходы к формированию топливно-энергетических балансов как в отечественной практике, так и за рубежом (в Южной Корее, Японии, США, Великобритании)¹ [3–7]. Изучен также подход Международного Энергетического Агентства (МЭА) [8].

Опыт формирования сводных топливно-энергетических балансов ряда субъектов

¹ Приказ Минэнерго России от 14 декабря 2011 г. № 600 «Об утверждении порядка составления топливно-энергетических балансов субъектов Российской Федерации, муниципальных образований»; Постановление Национального статистического комитета Республики Беларусь от 4 января 2013 г. № 2 «Методика по формированию топливно-энергетического баланса и расчету энергоемкости валового внутреннего продукта и энергетической самостоятельности».

РФ на основе данных федерального статистического наблюдения показал, что получить полноценный согласованный сводный баланс очень проблематично. Использование информации Росстата сопряжено с рядом проблем. Имеют место двойной учет, противоречивость информации, неполнота охвата (применение тактики «досчетов»). Формы Росстата делятся на группы по разделам Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД). Различные виды деятельности организаций ТЭК в рамках определенного энергетического ресурса разнесены по нескольким веткам ОКВЭД. Кроме того, если в регионе определенным видом деятельности в ТЭК занимается одна или две крупные организации, то получить информацию в территориальном органе статистики даже в целом по региону невозможно. Такое положение не может обеспечить формирование полноценной картины состояния ТЭК. Вместе с тем определенная информация федерального статистического наблюдения, в частности сведения о конечном потреблении ТЭР, ввозе-вывозе нефтепродуктов, необходима при формировании сводного топливно-энергетического баланса региона.

Опыт внедрения ИАС ТЭБ подтвердил целесообразность организации энергетического мониторинга на региональном уровне. При этом собранная информация может быть использована в целях мониторинга программ повышения энергоэффективности, разработки энергетических стратегий, анализа уровня энергетической безопасности, анализа динамики, факторов и причин изменения энергоёмкости валового регионального продукта

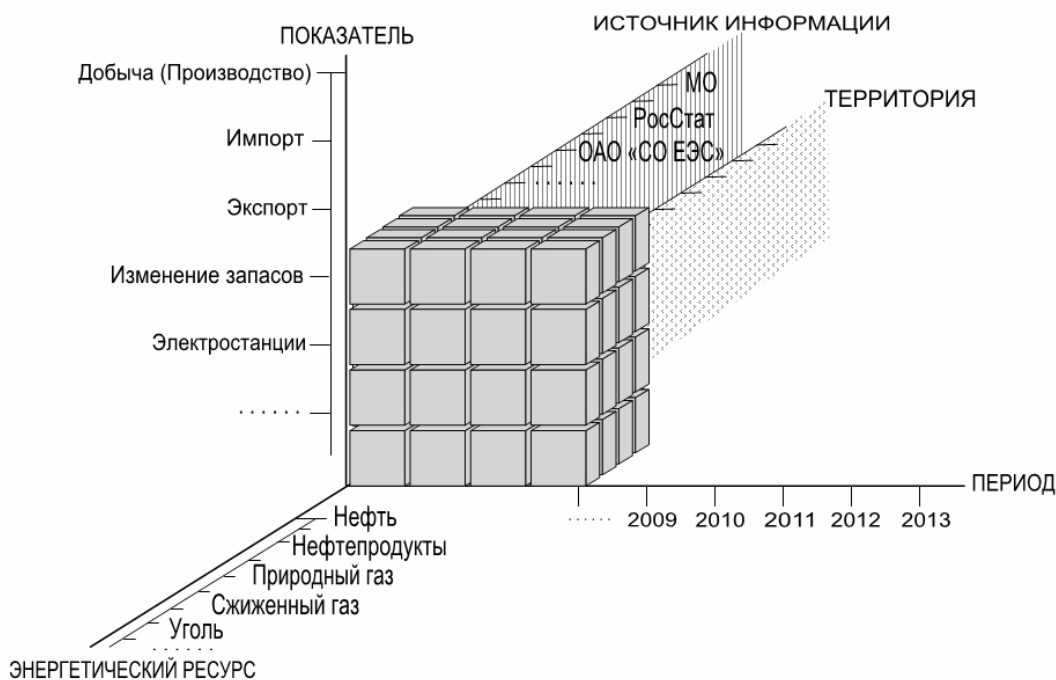
(ВРП), а также формирования сводных фактических и прогнозных балансов по региону в целом и отдельным муниципальным образованиям.

На основе построенной информационной модели спроектирована структура аналитической витрины, автоматизирован процесс расчета агрегированных показателей сводного баланса региона с использованием показателей однопродуктовых балансов ИАС ТЭБ. В основу организации аналитической обработки положена технология многомерного анализа данных. На рисунке приведена кубическая модель данных для анализа балансов региона. Консолидация информации по показателям сводного баланса осуществляется в базе пяти измерений, включая: «Энергетический ресурс», «Показатель (статья) баланса», «Территория», «Период», «Источник информации».

ТЭБ региона может быть представлен уравнением баланса первичной поставки всех энергетических ресурсов и их расхода, включая конечное потребление и потери в процессе трансформации и транспортировки:

$$\sum_i P_i = \sum_i K_i + \sum_i H_i + \sum_i \sum_j T_{ij},$$

где P_i – первичная поставка i -го топливно-энергетического ресурса, которая определяется как сумма добычи (для первичных энергоресурсов), импорта и объема в запасах ресурса за вычетом его экспорта; K_i – конечное потребление i -го топливно-энергетического ресурса, которое определяется как сумма потребления ресурса населением, хозяйствующими субъектами и расхода на неэнергетические цели.



Кубическая модель сводного топливно-энергетического баланса

тическое использование (например, в качестве сырья); H_i – потери i -го топливно-энергетического ресурса, которые определяются как сумма использования ресурса на собственные нужды субъектов ТЭК (потерь ТЭР в процессе преобразования) и потерь при транспортировке ресурса; T_{ij} – потери при трансформации i -го топливно-энергетического ресурса в j -м субъекте ТЭК, которые определяются как разность объема потраченных и произведенных ресурсов.

Таким образом, сводный топливно-энергетический баланс включает три основных раздела: «Первичное энергопотребление (валовые первичные поставки)», «Преобразование (трансформация) энергоресурсов», «Конечное энергопотребление» (см. таблицу). К топливно-энергетическим ресурсам относим:

- сырую нефть, газ попутный нефтяной;
- нефтепродукты (газ нефтеперерабатывающих предприятий, мазут топочный, топливо дизельное, топливо печное бытовое, бензин автомобильный, авиабензин, керосин, газотурбинное и прочее моторное топливо, прочие нефтепродукты);
- газ природный, газ сжиженный, биогаз; вторичные горючие энергоресурсы (доменный газ, прочие отходы технологических процессов производства);
- каменный уголь, сланцы, кокс, газ горючий искусственный коксовый;
- торф, дрова, прочее твердое топливо;
- произведенную электрическую и тепловую энергию.

Субъектами ТЭК в сводном балансе выступают группы производственных установок, осуществляющих трансформацию топливно-энергетических ресурсов, включая: электростанции (ТЭС, ГЭС, АЭС, НВИЭ, промышленные блок-станции и прочие энергоустановки), котельные, теплоутилизационные установки, нефтеперерабатывающие и газоперерабатывающие предприятия, предприятия по переработке (обогащению) угля, установки, по которым осуществляется транспортировка ТЭР. По каждому субъекту ТЭК определяется расход первичных ТЭР, приход вторичных ТЭР с определением потерь в процессе преобразования энергоресурсов.

Например, потери при трансформации ресурсов на тепловых электростанциях (ТЭС) региона можно определить как

$$T_{ТЭС} = T_{газ}^{расход} + T_{нефпрод.}^{расход} + T_{уголь}^{расход} - T_{ЭЭ}^{пр-во} - T_{ТЭ}^{пр-во}.$$

При определении показателей сводного баланса региона используются показатели однопродуктовых балансов, которые формируются в ИАС ТЭБ на основе балансов поставщиков ТЭР, включая:

- организации, занимающиеся производством электрической и тепловой энергии,

в том числе для собственного энергопотребления;

- теплоснабжающие организации;
- организации, осуществляющие передачу и распределение электрической и (или) тепловой энергии;
- организации, занимающиеся оптовой торговлей электрической и (или) тепловой энергией;
- организации, занимающиеся добычей, переработкой, транспортированием, распределением, хранением топлива;
- организации, занимающиеся оптовой и розничной торговлей топливом (твердым, моторным, прочим жидким, газообразным);
- организации, являющиеся мелкими коммунально-бытовыми потребителями, использующими топливо (электроэнергию) на обогрев помещений (с годовым расходом топлива от 10 до 25 т у.т.).

Топливо-энергетический баланс i -го топливно-энергетического ресурса можно выразить следующей формулой:

$$П_i = K_i + H_i + \sum_j T_{ij}^{расход} - \sum_j T_{ij}^{пр-во}.$$

Сводный ТЭБ служит информационной базой для расчета валового потребления ТЭР, устанавливает распределение энергетических ресурсов между системами теплоснабжения, электроснабжения, газоснабжения, нефтедобычи и нефтепереработки, добычи и переработки других видов топлива, потребителями или группами потребителей, а также позволяет определить эффективность использования энергетических ресурсов в различных сферах экономики. Баланс также дает возможность определять показатели энергетической эффективности. К целевым показателям энергетической эффективности ТЭК региона можно отнести следующие: коэффициенты полезного действия ТЭК региона и отдельных субъектов ТЭК; энергоемкость валового регионального продукта; коэффициент энергетической самостоятельности региона и ряд других. Коэффициент полезного действия ТЭК региона определяется как отношение конечного потребления всех топливно-энергетических ресурсов к их первичной поставке:

$$КПД_{ТЭК} = \frac{\sum_i K_i}{\sum_i П_i} \cdot 100\%.$$

Сводный топливно-энергетический баланс региона (в т у.т.)

Статья баланса	Нефть	Нефте-продукты	Природный газ	Сжиженный газ	Уголь	Прочее твёрдое топливо	Биогаз	ВЭР	Гидро. НВИЭ	ТЭ	ЭЭ	Все ресурсы
Добыча (производство)						31 636	957	1 032 875	188 842			1 254 310
Импорт	21 836 001	1 932 923	3 472 770		47 463	178					504 482	27 793 817
Экспорт		-16 817 519			-119							-16 817 638
Изменение запасов	11 964	-6835		-170	4 963	-224						9 698
Первичное энергопотребление	21 847 965	-14 891 431	3 472 770	-170	52 307	31 590	957	1 032 875	188 842		504 482	12 240 187
Электростанции		-255 179	-1 633 026		-13 332				-188 842	841 431	504 851	-744 097
АЭС												0
ТЭС		-255 179	-1 559 785		-13 332					816 281	306 151	-705 864
ГЭС (НВИЭ)									-188 325		188 325	0,00
Блок-станции			-53 801							24 633	10 375	-18 793
Котельные		-46 801	-1 373 326	-28	-33 732	-31 197	-957	-238 468		1 382 422	-1 891	-343 978
Электрокотельные										1 386	-1 891	-505
Теплоутилизационные установки										194 298		194 298
Переработка угля												0
Переработка нефти (НПЗ)	-21 847 965	16 817 519										-5 030 446
Переработка газа (ГПЗ)				5 795								5 795
Расход на собственные нужды субъектов ТЭК		-288	-747							-55 899	-46 531	-103 465
Потери при транспортировке		-95			-213					-223 554	-244 834	-468 696
Общее конечное потребление		1 623 725	465 672	5 625	5 031	393		794 407		2 143 613	717 967	5 756 433
Отпуск населению		767 374	341 855	2 838	4 079	393				818 792	124 296	2 059 627
Отпуск хозяйствующим субъектам		856 232	109 263	2 787	929					1 324 821	593 671	2 887 703
Неэнергетическое использование (сырье)		119	14 554		23			794 407				809 103

В частности, эффективность региональной генерации определяется как отношение произведенной энергии к суммарному расходу топлива:

$$КПД_{генерации} = \frac{\sum_j T_{ЭЭ,j}^{пр-во} + \sum_j T_{ТЭ,j}^{пр-во}}{\sum_j \sum_i T_{ji}^{расход}} \cdot 100\%.$$

Энергоемкость ВРП определяется как отношение валового потребления топливно-энергетических ресурсов к объему валового регионального продукта:

$$\mathcal{E}_{ВРП} = \frac{\sum_i \Pi_i}{ВРП}.$$

Энергетическую самостоятельность региона можно определить как отношение суммы первичных энергетических ресурсов, добытых на территории региона, к общей первичной поставке энергоресурсов:

$$\mathcal{ЭС} = \frac{\sum_i \Pi_i^{добыча}}{\sum_i \Pi_i} \cdot 100\%.$$

В таблице для примера показан фрагмент отчета по сводному топливно-энергетическому балансу одного из регионов центрального федерального округа, сформированный по данным мониторинга ИАС ТЭБ. Ниже приведен расчет ряда индикаторов, отражающих функционирование ТЭК региона в отчетном году:

$$КПД_{ТЭК} = \frac{5\,756\,433}{12\,240\,187} \cdot 100\% = 47\%;$$

$$КПД_{генерации} = \frac{1\,346\,282}{2\,090\,379} \cdot 100\% = 64,4\%;$$

$$\mathcal{ЭС} = \frac{1\,254\,310}{12\,240\,187} \cdot 100\% = 10,3\%,$$

где $\mathcal{ЭС}$ – энергетическая самостоятельность региона.

В процессе эксплуатации ИАС ТЭБ накоплен опыт использования методов интеллектуального анализа данных в целях формирования шаблонов знаний из ретроспективы региональной энергетической статистики. В частности, кластерный анализ данных используется в процессе нормирования и лимитирования энергопотребления в бюджетной сфере; корреляционно-регрессионный анализ используется в целях прогнозирования развития систем теплоснабжения в муниципальных образованиях; комбинация методов многомерной теории полезности и анализа иерархий положена в основу методики экспертной оценки состояния котельных в разрезе муниципальных образований и др. В рамках настоящего исследования нако-

пленный опыт организации комплексной аналитической обработки информации предполагается использовать при анализе ретроспективы показателей сводных балансов ряда регионов Российской Федерации. Поиск закономерностей в развитии региональной энергетической инфраструктуры послужит основой поддержки принятия решений, направленных на ее дальнейшее развитие и совершенствование.

Список литературы

1. **Лачинов Ю.Н.** Бухгалтерия экономики и балансовый метод в научных исследованиях. – М.: Изд. Либроком, 2011. – 96 с.
2. **Ратманова И.Д., Железняк Н.В.** Организация мониторинга состояния ТЭК на региональном уровне // Энергосбережение и водоподготовка. – 2009. – № 4. – С. 57–67.
3. **Ратманова И.Д.** Информационно-аналитическое сопровождение энергетической политики на региональном уровне // Вестник ИГЭУ. – 2012. – № 5. – С. 63–67.
4. **Башмаков И.А.** Энергетические балансы РФ и субъектов РФ как основа разработки и мониторинга программ повышения энергоэффективности // Энергосовет. – 2012. – №4 (23). – С. 21–29.
5. **ИНЭС** [Электронный ресурс]. www.ines-ur.ru. – Режим доступа: http://www.ines-ur.ru/enersave_1978.html, свободный.
6. **OECD** [Электронный ресурс]. www.oecd-ilibrary.org. – Режим доступа: http://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-world-energy-statistics-and-balances_enestats-data-en, свободный. – Яз. англ.
7. **KEEI** [Электронный ресурс]. www.keei.re.kr. – Режим доступа: <http://www.keei.re.kr>, свободный. – Яз. англ.
8. **IEA** [Электронный ресурс]. www.iea.org. – Режим доступа: <http://www.iea.org/statistics/topics/energybalances/>, свободный. Яз. англ.

References

1. Lachinov, Yu.N. *Bukhgalteriya ekonomiki i balansovyy metod v nauchnykh issledovaniyakh* [Economic accountancy and balance method in scientific research]. Moscow, Izdatel'stvo Librokom, 2011. 96 p.
2. Ratmanova, I.D., Zheleznyak, N.V. Organizatsiya monitoringa sostoyaniya TEK na regional'nom urovne [Fuel and energy complex condition monitoring at regional level], *Energoberezhnie i vodopodgotovka*, 2009, no. 4, pp. 57–67.
3. Ratmanova, I.D. Informatsionno-analiticheskoe soprovozhdenie energeticheskoy politiki na regional'nom urovne [Information analysis support of energy policy at regional level]. *Vestnik IGEU*, 2012, no. 5, pp. 63–67.
4. Bashmakov, I.A. Energeticheskie balansy RF i sub"ektov RF kak osnova razrabotki i monitoringa programm povysheniya energoeffektivnosti [Energy balances of RF and its subjects as the basis of energy efficiency improvement program development and monitoring]. *Energosovet*, 2012, no. 4 (23), pp. 21–29.
5. **INES**. www.ines-ur.ru. Available at: http://www.ines-ur.ru/enersave_1978.html, free.
6. **OECD**. www.oecd-ilibrary.org. Available at: http://www.oecd-ilibrary.org/energy/data/iea-world-energy-statistics-and-balances_enestats-data-en, free.
7. **KEEI**. www.keei.re.kr. Available at: <http://www.keei.re.kr>, free.
8. **IEA**. www.iea.org. Available at: <http://www.iea.org/statistics/topics/energybalances/>, free.

Ратманова Ирина Дмитриевна,
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
профессор кафедры программного обеспечения компьютерных систем,
телефон (4932) 26-98-34.

Кулешов Михаил Анатольевич,
ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
аспирант кафедры программного обеспечения компьютерных систем,
телефон (4932) 26-98-60.