



Commission économique pour l'Europe

Comité des transports intérieurs

Groupe de travail des statistiques des transports

Soixante et onzième session

Genève, 17-19 juin 2020

Point 4 de l'ordre du jour provisoire

**Activités statistiques et défis auxquels
sont confrontés les États membres****Évolution du suivi statistique du transport ferroviaire
dans la Fédération de Russie****Communication de la Fédération de Russie****Document de référence**

On trouvera dans l'annexe au présent document une description de l'évolution du suivi statistique du transport ferroviaire dans la Fédération de Russie (Chemins de fer russes, société par actions « RJD »), compte tenu en particulier de l'utilisation croissante de nouvelles technologies pour la gestion des flux de données. On y trouvera également quelques données statistiques détaillées sur les chemins de fer de la Fédération de Russie.



Annexe

Évolution du suivi statistique du transport ferroviaire dans la Fédération de Russie

Le réseau ferré de la Russie est l'un des plus grands au monde. Il comprend plus de 80 000 kilomètres de lignes exploitables. Le volume du transport ferroviaire de marchandises en Russie est de 3 000 milliards de tonnes-kilomètres par an, ce qui représente environ 30 % du volume du transport ferroviaire de marchandises dans le monde (voir fig. 1).

Figure 1 : Actifs de la SPA RJD

	Инфраструктура	
	Эксплуатационная длина	85 513 км
	Длина электрофицированных линий	43 759 км
	Длина путей	104 563 км
	Количество станций	5 428
	Подвижной состав	
	Грузовые вагоны	более 1 000 000
	Пассажирские вагоны	около 40 000
Грузы		
Грузовые перевозки в 2017	1 261,3 млн тонн	
Грузооборот в 2017	3 176,2 млрд т-км тарифы	
Пассажиры		
Пассажирские перевозки в 2017	1 118 млн	
Пассажиροоборот в 2017	122,8 млрд пассажиро-км	

Il n'est pas simple de gérer des actifs d'une telle importance. C'est pourquoi les moyens statistiques actuels pour le transport ferroviaire ont un intérêt particulier.

Aujourd'hui, les RJD ont à leur disposition plus de 260 modèles de rapports statistiques internes et plus de 1 060 modèles de documents statistiques de base, dans lesquels on trouve plus de 20 000 indicateurs qui rendent compte de tous les aspects des diverses activités liées au transport ferroviaire.

Actuellement, plus de la moitié des rapports à disposition sont établis au moyen des systèmes informatiques des RJD, de façon à éliminer les incidences liées au facteur humain et à accroître la fiabilité des données traitées. Aux fins de l'utilisation de documents informatiques comportant des signatures électroniques, 112 modèles de base ont été élaborés et approuvés en interne pour diverses activités.

La tâche à accomplir maintenant et dans les années à venir consiste à produire des indicateurs statistiques à partir de processus informatisés. La « numérisation du transport ferroviaire », dont il est question, est à l'origine du développement de réseaux ferrés modernes en Russie comme dans le monde entier. Les RJD ont mis au point à cette fin un programme d'innovation pour la période 2016-2020.

Les nouvelles approches, conçues et mises au point dans le monde entier, et publiées dans les travaux numérotés de 1 à 17, visent à augmenter la vitesse, accroître les volumes, réduire les coûts d'exploitation, augmenter l'attractivité du transport ferroviaire et renforcer la sécurité (voir tableau 1).

Tableau 1 : Tendances mondiales du secteur

Recherches et innovations au stade du développement	IPID 2020	Livre blanc de l'UE	Shift2Rail	Plan stratégique de la Federal Railroad Administration des États-Unis d'Amérique
Renforcement de la sécurité au moyen de systèmes intelligents	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Réduction des risques liés au facteur humain	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>
Accroissement de la performance de l'entreprise et optimisation des activités logistiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Développement du transport multimodal	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Harmonisation des conditions de service. Guichet unique (« One stop »)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Développement de services à la clientèle en ligne et en nuage	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Informatisation et dématérialisation des processus de gestion des activités de transport	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Développement de transports rapides	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nouveau matériel roulant	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Accroissement du rendement énergétique	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Nouveaux moteurs. Nouveaux types de ressources énergétiques	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Exploitation rationnelle de l'environnement	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Développement des infrastructures	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>
Automatisation	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Aujourd'hui, la révolution numérique vise la plupart des secteurs de l'industrie et des activités de la vie quotidienne. Le transport ferroviaire est également visé. Le programme d'innovations et de développement des RJD comprend les points suivants :

- Des modèles d'infrastructures numériques ;
- Des réseaux de communication numériques et des systèmes d'information géographique très précis ;
- La surveillance de l'état des infrastructures et du matériel roulant, et des moyens informatiques permettant de traiter de gros volumes de données.

Les principales conditions de la numérisation du transport ferroviaire sont les suivantes :

- Des modèles numériques des actifs d'infrastructure dans un même système d'information ;
- Des réseaux de communication numériques et des systèmes d'information géographique très précis s'appuyant sur un ensemble de satellites de géolocalisation très performants ;
- Une surveillance permanente des actifs d'infrastructure, associée à la gestion automatique des limitations de vitesse et de la maintenance ;

- Une surveillance de l'état du matériel roulant sur le territoire national et en dehors de celui-ci, associée à la possibilité de prévoir sa durée de vie résiduelle ;
- Un ensemble de moyens informatiques pour la gestion à distance des actifs d'infrastructure et la modification des horaires de circulation en temps réel, en tenant compte du rendement énergétique et de l'automatisation de certaines opérations ;
- Des postes de travail mobiles pour le personnel et un suivi de la santé physique et mentale de ce dernier.

La figure 2 montre les moyens numériques permettant d'accroître l'efficacité du trafic. Ces moyens comprennent des tableaux de circulation numériques, des systèmes de communication numériques, des centres de gestion des secteurs d'exploitation et des systèmes informatiques embarqués. Les technologies mises en œuvre visent à automatiser la surveillance des infrastructures et du matériel roulant, la planification, la maintenance et le contrôle de la qualité, à réduire les coûts de construction d'éléments d'infrastructure, à gérer la circulation dans les secteurs d'exploitation en tenant compte de l'efficacité énergétique et à automatiser la conduite de certains types de véhicules.

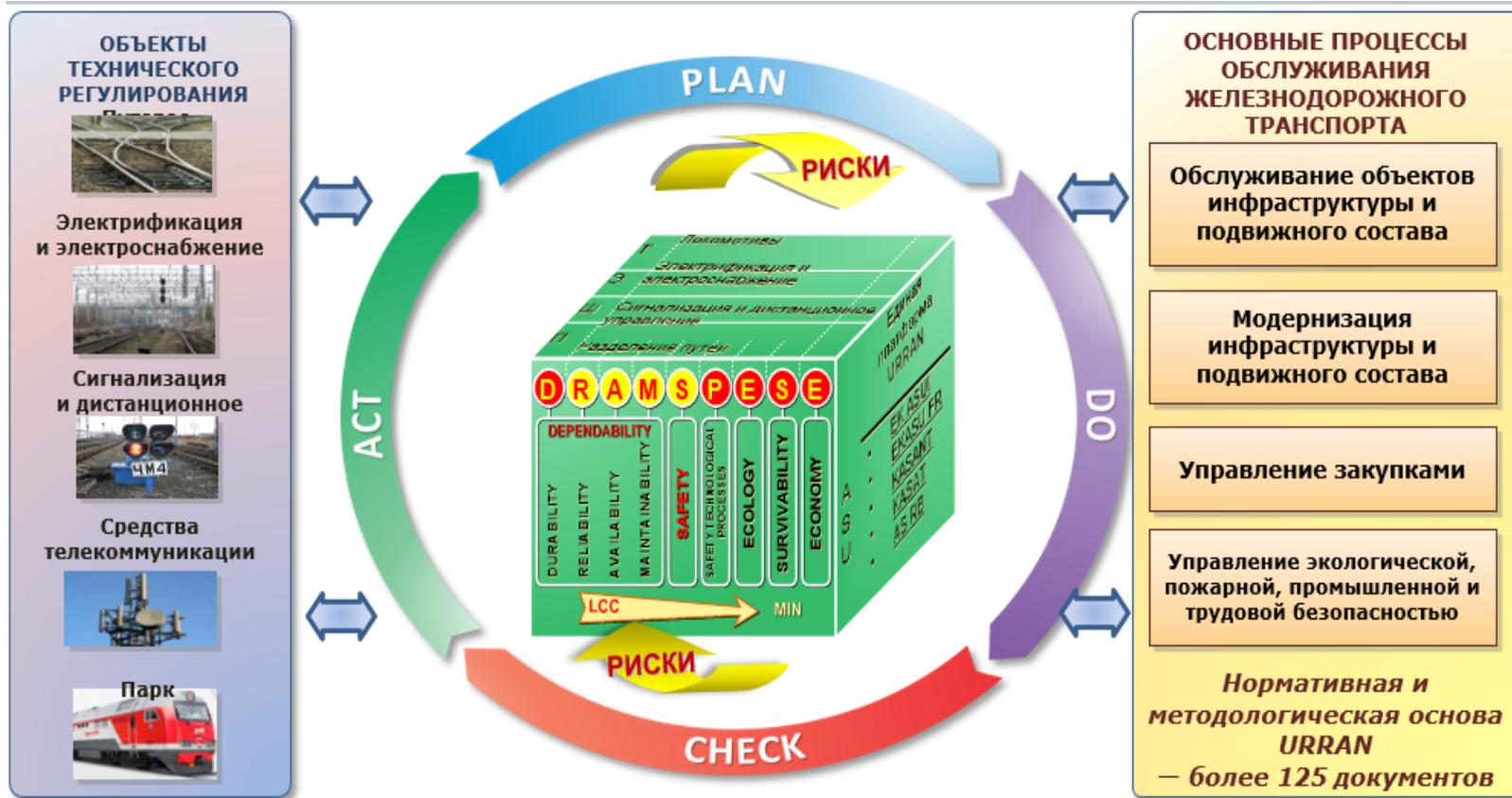
Figure 2 : Des moyens numériques pour accroître l'efficacité des activités de transport



En 2010, la Russie a commencé à mettre en œuvre un système intégré de gestion des actifs fondé sur l'évaluation des risques (URRAN). Ce système permet de gérer les risques, la fiabilité et les coûts pour les équipements ferroviaires à tous les stades du cycle d'exploitation (voir fig. 3).

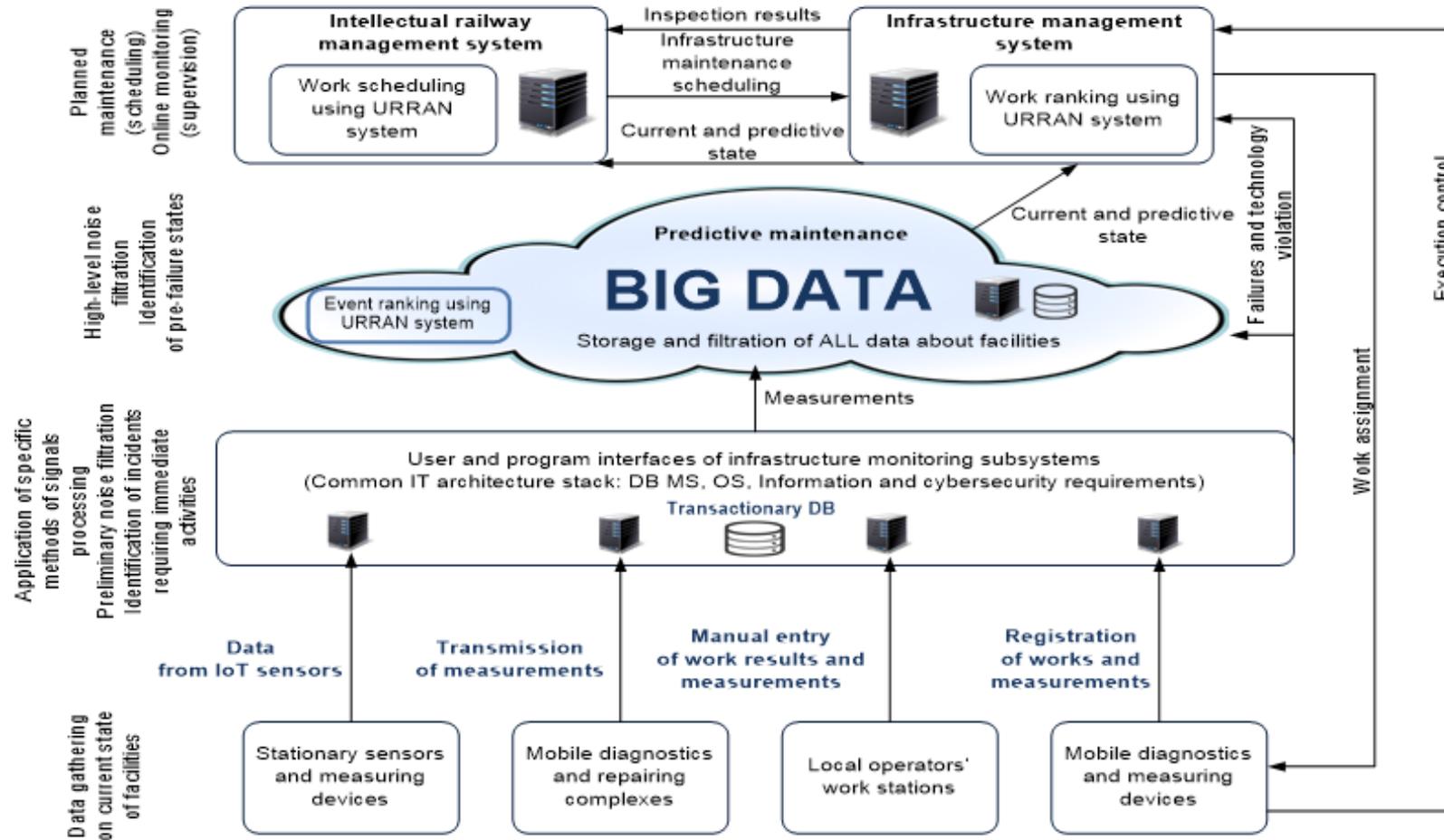
Il aide à prendre des décisions au plus haut niveau, à partir de données relatives à différents types d'éléments (voies, organes de suspension, alimentation électrique, équipement de signalisation, etc.). Les types de risques pris en compte par le système sont les risques individuels, sociaux, environnementaux, techniques et économiques.

Figure 3 : Gestion des actifs au sein des RJD (système URRAN)



Dans la mise en œuvre du système de gestion des actifs, l'étape suivante est l'exploitation des mégadonnées. La figure 4 montre l'architecture à mettre en place pour le système, en s'appuyant sur les mégadonnées (voir fig. 4).

Figure 4 : Système intégré de gestion des actifs



La transition s'appuie sur les nouveaux modèles de gestion dans lesquels les données sont collectées automatiquement à partir de différents dispositifs et systèmes. Il s'agit là de ce qu'on appelle l'Internet des objets, que l'on commence à connaître assez bien dans le monde entier (voir fig. 5).

Figure 5 : L'Internet des objets

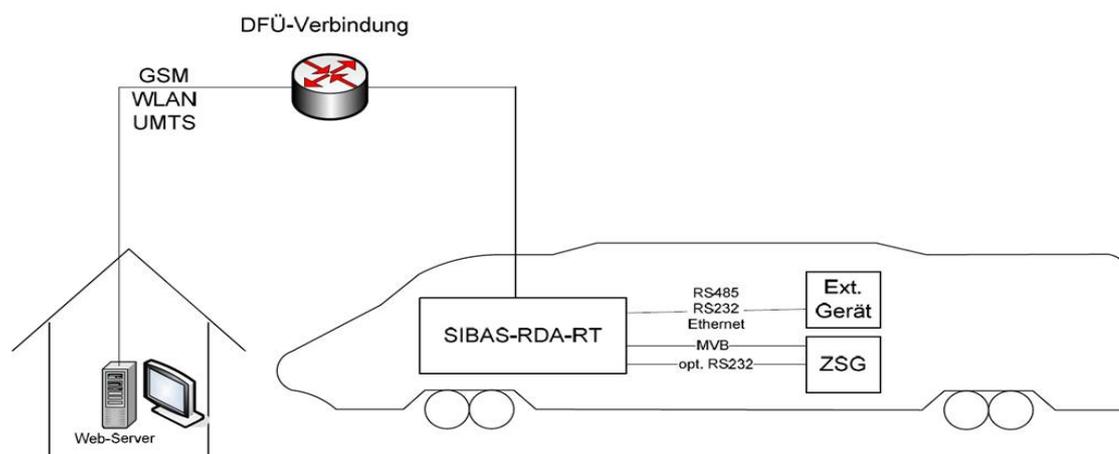


Les RJD expérimentent dans plusieurs de leurs unités et installations certaines technologies associées à l'Internet des objets. Des résultats prometteurs sont attendus en ce qui concerne les capteurs sans fil pour les dispositifs et systèmes d'automatisation de l'exploitation tels que les systèmes de signalisation, les armoires de signalisation, les dispositifs placés sur les voies et les systèmes de détection de surchauffe des boîtes d'essieux.

La maintenance dans le cadre de l'exploitation dépend de la qualité des données sur l'état de l'infrastructure ferroviaire et des éléments de cette infrastructure. Les trains électriques russes de la dernière génération, tels que le Sapsan, sont équipés d'un système de mesure et d'information particulier. Celui-ci reçoit les données de 900 capteurs et peut attribuer différentes priorités aux messages de diagnostic communiqués et déterminer ainsi lesquels traiter en premier.

L'unité centrale constitue un paquet de données de diagnostic qui est transmis à un serveur par un réseau GSM. La transmission des données a lieu toutes les 3 heures en mode automatique ou manuel. Différentes priorités sont attribuées aux messages de diagnostic. Les messages dont la priorité est élevée sont traités au plus vite, tandis que les messages beaucoup moins prioritaires sont mis en file d'attente pour traitement lorsque le train est soumis à la maintenance de routine. Le système de traitement et de transmission de données de diagnostic RRSd enregistre des observations qui sont consignées dans les journaux TU-152 et TU-28 (voir fig. 6).

Figure 6 : Téléchargement de données de diagnostic sur un serveur Web X-Train



L'une des conditions de la numérisation du transport ferroviaire est le déploiement d'un système d'information géographique très précis sur le réseau (voir fig. 7).

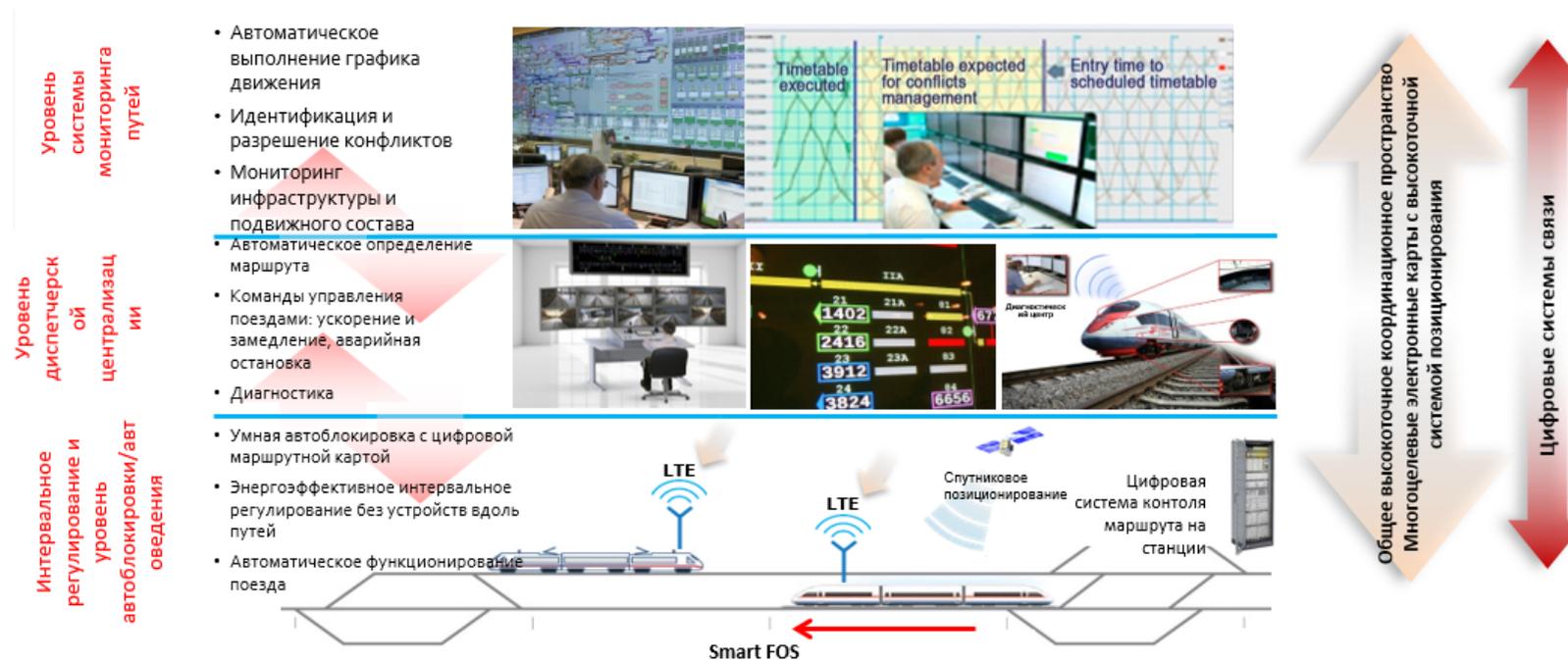
Figure 7 : Système d'information géographique de haute précision



L'application fructueuse des technologies visées nécessite un système d'information géographique fiable. Le système d'information géographique de haute précision en service en Russie couvre plus de 6 000 km. Il s'emploie pour toutes les activités liées à la conception, à la construction et à la réparation, ainsi que pour la régulation du trafic et le blocage automatique.

Le système de régulation du trafic peut être représenté comme un système à trois niveaux. Au niveau inférieur, les éléments d'infrastructure sont moins nombreux. On les remplace par de nouveaux systèmes de transmission numériques à large bande (voir fig. 8).

Figure 8 : Système intégré de régulation du trafic

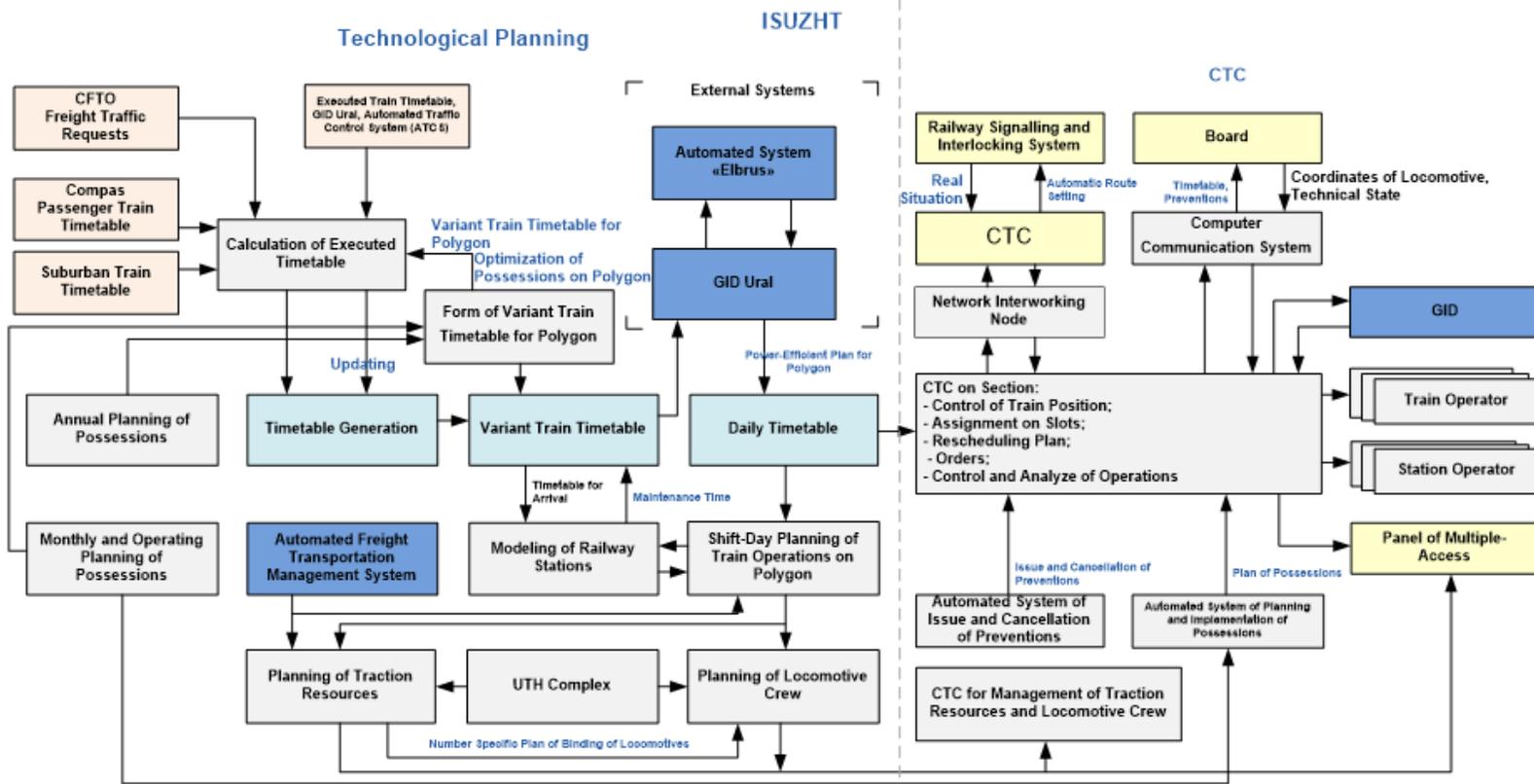


Au niveau intermédiaire, le centre de régulation définit automatiquement les itinéraires jusqu'aux gares et le matériel roulant permet de contrôler l'infrastructure.

Au plus haut niveau, il est possible d'obtenir automatiquement une représentation graphique du trafic, ainsi que de déceler et de régler des conflits.

Les interactions entre les composants logiciels du système de régulation ferroviaire sont conçues au stade de la programmation, par l'automatisation centralisée de la régulation du trafic. Elles existent jusqu'à la production des rapports. La figure 9 montre les données nécessaires en entrée pour établir les tableaux horaires quotidiens.

Figure 9 : Programmation du système de régulation ferroviaire



Les services numériques associés au transport des voyageurs comprennent la planification des voyages, l'achat des billets et la transmission des données en temps réel dans les gares et dans les trains. Ils peuvent être fournis sur des appareils mobiles répondant à différentes normes de communication numérique et dotés des applications ad hoc.

Des technologies numériques doivent être mises en œuvre pour le transport des marchandises afin de faciliter les interactions entre tous les participants aux opérations de transport. Ces technologies concernent :

- Les formalités douanières ;
- L'établissement des documents requis et leur transmission à la locomotive ;
- La mise en place d'une régulation du trafic souple et répondant aux besoins de la clientèle.

Les services numériques sont également utiles dans les différentes unités des RJD aux fins de la prévision et de la modélisation des infrastructures, notamment.

Les données provenant des différents domaines d'activité des RJD sont traitées et intégrées de façon à assurer la continuité des activités.

Le MCC de Moscou est un bon exemple de mise en œuvre intégrée des technologies numériques (voir fig. 10).

Figure 10 : MCC (« Anneau central de Moscou »)



La dématérialisation de la documentation d'étude des systèmes de signalisation et la mise en œuvre d'un système d'information géographique de haute précision permettent de réduire au maximum le nombre d'opérations effectuées par l'homme.

Un projet visant à établir un centre de traitement de données exploitant des mégadonnées et l'Internet des objets est actuellement en cours d'élaboration.

Aujourd'hui, la numérisation du transport ferroviaire passe par l'utilisation de la navigation par satellite (voir fig. 11). Il existe un large éventail d'applications dans de nombreux domaines, notamment les suivants, pour ne citer que ceux-ci :

- La logistique ;
- La surveillance des infrastructures ferroviaires ;
- La conception, la construction et la réparation des voies ;
- La gestion des trains et l'optimisation de leur circulation ;
- Le blocage automatique et l'espacement des trains ;
- L'établissement de rapports sans documents de base.

L'utilisation de la navigation par satellite aux fins de la signalisation est une solution qui est économique et nécessite moins d'équipements sur les voies. La sécurité et la précision du positionnement sont toutefois des considérations prioritaires.

Figure 11 : Application des technologies liées à la navigation par satellite



Comme il est dit précédemment, la numérisation du transport ferroviaire s'appuie notamment sur la mise en œuvre d'un système d'information géographique de haute précision. Ce dernier ouvre de nouvelles possibilités pour la gestion des actifs et la signalisation. Les experts des RJD participent activement à l'élaboration de méthodes de conception, de construction et de réparation de voies sur la base d'un système de coordonnées absolues.

Le chemin de fer numérique est étroitement lié à l'existence de trains entièrement automatisés et autonomes. Les RJD s'emploient à développer cette technologie, et des prototypes sont déjà mis à l'essai sur plusieurs sites d'essais. Nous estimons que des normes et des prescriptions particulières doivent être établies pour différents types de trains. Cinq catégories de trains présentant des usages, des exigences et des niveaux d'automatisation différents ont été sélectionnées.

Dans l'environnement ferroviaire, l'élément le plus complexe est la gare. L'automatisation et la synchronisation des opérations qui s'y déroulent ne font donc aucun doute, et il est prioritaire de produire des statistiques en temps utile. La figure 12 montre un ensemble d'indicateurs que les RJD utilisent actuellement pour analyser l'activité des gares de triage. La gare dont il est question dans l'exemple est une gare de Saint-Petersbourg. Tous les indicateurs de la liste reçoivent automatiquement des valeurs en fonction des données enregistrées par le personnel dans les systèmes de gestion automatisée. L'exemple de la gare la plus moderne, à savoir la gare Loujskaïa, permet d'examiner les conditions

préalables à la production automatique de données et à l'élimination des incidences du « facteur humain » sur la fiabilité.

Figure 12 : Rapport d'analyse des activités des gares de triage DO-24VC

Год: 2018	Техническая подготовка состава (В) - 0,49	Техническая подготовка состава (В) - 0,80
Месяц: Май	Ожидание обработки - 0,06	Ожидание обработки - 0,13
Дорога: ОКТ	Обработка состава - 0,43	Обработка состава - 0,67
Станции: СПБ-СОРТ-МОС	Ожидание локомотива (Т) - 0,59	Ожидание локомотива - 2,87
Прибыло поездов - 115	Обеспечение поезда тормозами (Т, В) - 0,69	Обеспечение поезда тормозами - 0,71
Отправлено поездов	Ожидание отправления (Д) - 0,20	Ожидание отправления - 0,25
Всего - 108	Обработка состава для транзитного вагона без переработки, проследовавшего гарантийный участок - 0,51	Задержано на подходах по неприему
В т.ч. своего формирования - 103	Простой транзитного вагона с переработкой	Поездов - 0
Вагонооборот - 12367	Всего - 15,50	Кол. Часов - 87
Количество транзитных вагонов	От прибытия до начала расформирования - 2,15	Количество отмененных и сорванных поездов
С переработкой - 5892	Закрепление и ограждение состава (Д) - 0,44	Всего - 0
Без переработки - 246	Техническая подготовка состава - 0,49	по вине службы ДД - 87
Рабочий парк вагонов - 4216	в т.ч. ожидание обработки - 0,17	по вине службы Т - 0
Количество отцепленных вагонов от готовых поездов своего формирования и транзитных	в т.ч. обработка состава - 0,32	по вине службы В - 0
По техническим неисправностям - 0	Ожидание расформирования (Д) - 1,22	по вине службы Э - 0
По коммерческим неисправностям - 1	Расформирование (Д) - 0,29	по вине службы Ш - 0
Переработка вагонов на горке	Простой в сортировочном парке (Д) - 7,85	по вине службы С - 0
Четная система - 3215	Накопление - 6,34	по вине службы П - 0
Нечетная система - 4203	Ожидание формирования (перестановки) - 0,61	по вине службы Л - 0
Простой транзитного вагона без переработки	формирование и перестановка - 0,89	по вине службы М - 0
Всего - 2,42	Простой транзитного вагона с переработкой	по вине службы НКИ - 0
Простой вагонов в задержанных в продвижении составах - 0,00	Простой от окончания формирования состава или перестановки его в парк отправления до отправления - 5,21	По вине службы ИВЦ - 0
Простой без учета вагонов в задержанных в продвижении составах - 2,42	Закрепление и ограждение состава (Д) - 0,59	Неприем поездов соседними дорогами - 0
Закрепление и ограждение состава (Д) - 0,46		Прочие причины - 0

L'étape suivante de la numérisation est la totale commande à distance des trains. Des travaux de recherche et d'expérimentation sont menés par un institut en ce qui concerne l'exécution commandée à distance de manœuvres par des locomotives dans la gare de Loujskaïa. Ces travaux ont débuté en 2015. Aujourd'hui, nous avons trois locomotives autonomes à disposition.

À partir d'une simulation dynamique de toutes les opérations réalisées dans la gare, il est possible de représenter automatiquement le programme de travail quotidien des activités (voir fig. 13, 14 et 15).

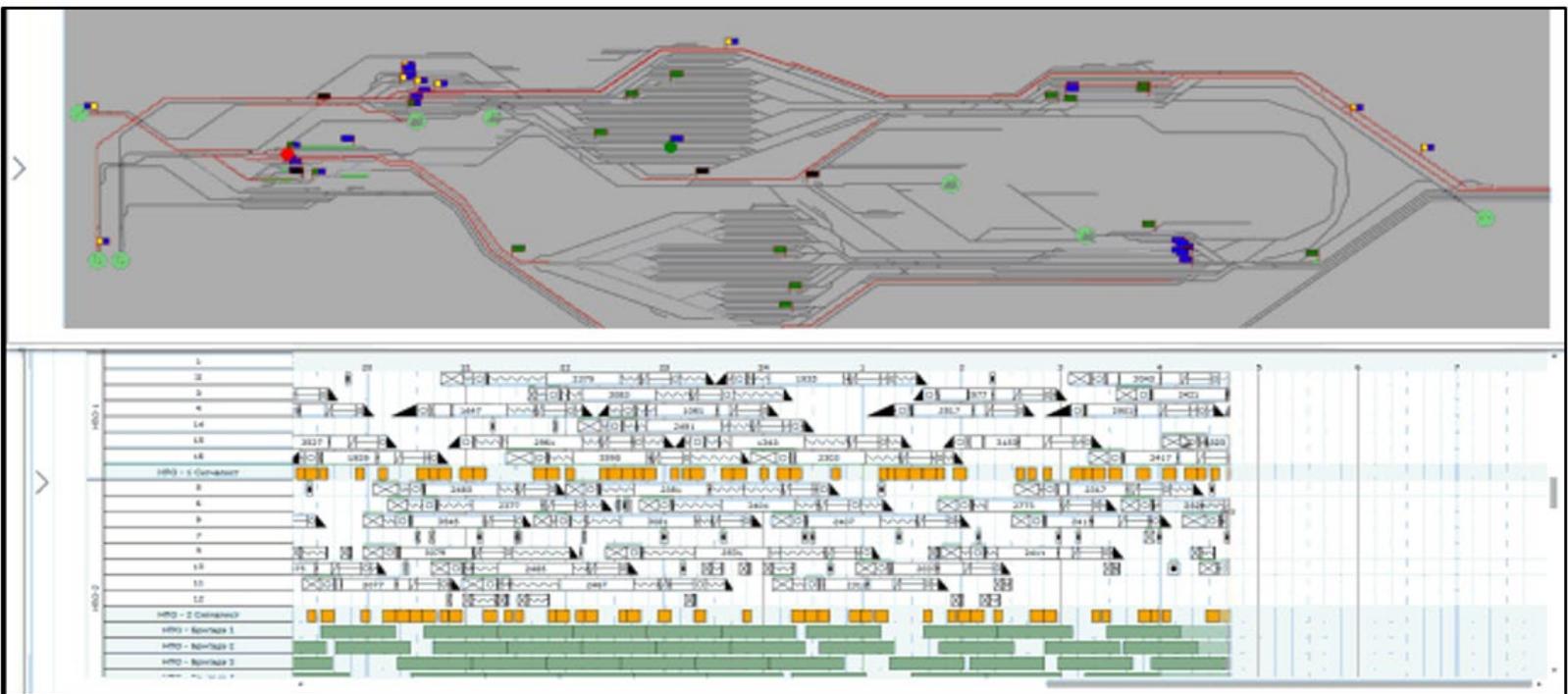


Figure 13 : Représentation dynamique des activités

Figure 14 : Visualisation des activités – programme de travail de la gare

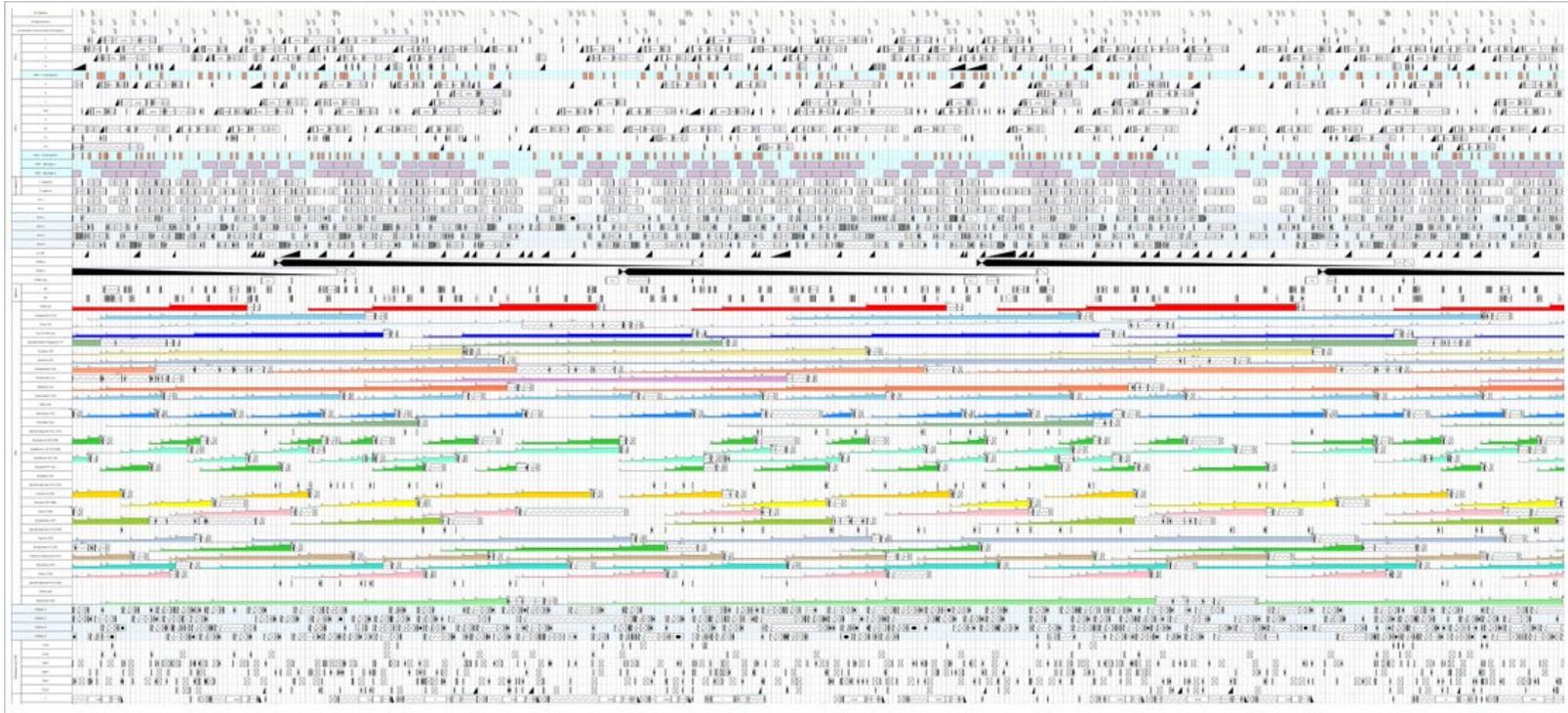
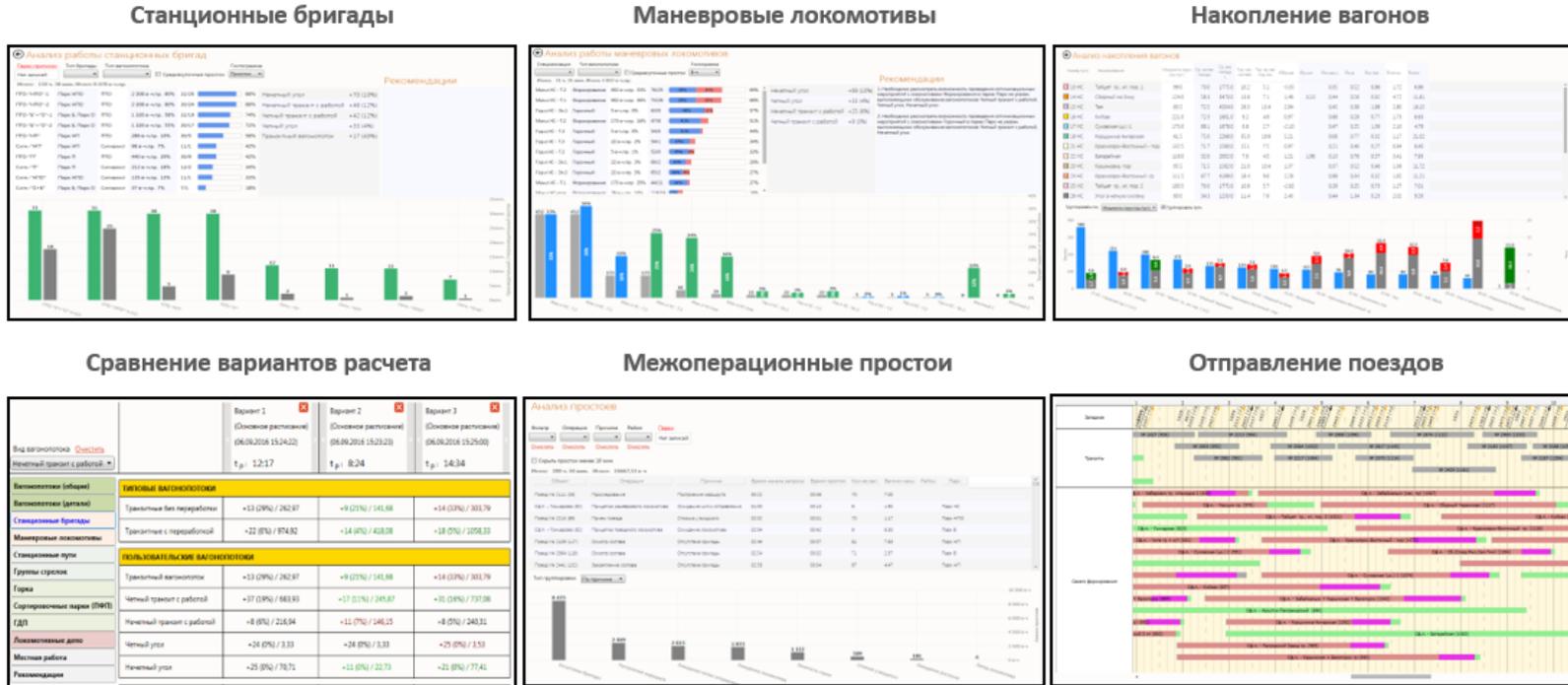


Figure 15 : Rapports d'analyse



On peut aussi produire automatiquement des rapports statistiques sur les activités de la gare. Nous disposerons ainsi en temps utile de rapports statistiques fiables, ainsi que des outils nécessaires pour gérer avec efficacité les opérations de transport et les autres opérations.

Bibliographie

1. Boubnova G. V., Zenkine A. A., Kourenkov P. V., Astafyev A. V., Koupriyanovsky V. P. Couloirs et axes de transport dans un système de transport numérique // *Transport : science, technologie et gestion : Recueil OI/VINITI.*- 2017.- No 7, p. 11 à 20.
2. Boubnova G. V., Kourenkov P. V., Nekrasov A. G. Logistique numérique et sécurité des chaînes d'approvisionnement // *Logistika.*- 2017.- No 7, p. 46 à 50.
3. Kostyouk B. S., Kourenkov P. V., Nekhaev M. A., Ivanov A. P. Modernisation des gares de triage en Amérique du Nord // *Transport ferroviaire.*- 2015.- No 3, p. 74 à 77.
4. Kostyouk B. S., Kourenkov P. V., Nekhaev M. A., Rouvinov I. R. Modernisation des gares de triage en Amérique du Nord // *Transport ferroviaire.*- 2014.- No 11, p. 71 à 75.
5. Kotlyarenko A. F., Kourenkov P. V. Interactions aux carrefours de transport dans le cadre du commerce extérieur // *Transport ferroviaire.*- 2002.- No 2, p. 48 à 52.
6. Koupriyanovsky V. P., Kourenkov P. V., Boubnova G. V., Dounaev O. P., Sinyagov S. A., Namiot D. E. Économie des innovations dans le domaine de la numérisation du transport ferroviaire. Experience of Great Britain // *International Journal of Open Information Technologies.*- 2017.- Vol. 5, No 3, p. 79 à 99.
7. Kourenkov P. V., Nekhaev M. A. Gestion des activités d'une gare de triage // *Transport ferroviaire.*- 2012.- No 4, p. 29 à 31.
8. Kourenkov P. V., Nekhaev M. A. Modélisation des activités d'une gare de triage dans un système intelligent de gestion des transports // *Transport ferroviaire.*- 2012.- No 9, p. 20 à 22.
9. Kourenkov P. V., Nekhaev M. A. Application des technologies de prévision pour accroître l'efficacité des activités d'une gare de triage // *Transport ferroviaire.*- 2013.- No 4, p. 25 à 28.
10. Nekhaev M. A., Kourenkov P. V., Martyntchouk V. A. Système de gestion logistique des activités de transport // *Logistique et gestion des chaînes d'approvisionnement.*- 2008.- No 5(28), p. 25 à 35.
11. Polyansky, Y. A. Centre de contrôle et de commande.
Mise en place et fonctionnement / Y. A. Polyansky, P. V. Kourenkov // *Economie ferroviaire.*- 2003.- No 1, p. 51 à 66.
12. Polyansky, Y. A. Modélisation topologique des interactions dans le cadre des activités ferroviaires / Y. A. Polyansky, P. V. Kourenkov // *Transport : science, technologie et gestion : Recueil NTI / VINITI RAN.*- 2003.- No 7, p. 8 à 18.
13. Sokolov I. A., Koupriyanovsky V. P., Dounaev O. N., Sinyagov S. A., Kourenkov P. V., Namiot D. E., Dobrynine A. P., Kolesnikov A. N., Gonik M. M. Technologies de pointe pour les infrastructures. Eurasian Digital Railway as a Basis for New Silk Road Logistics Corridor // *International Journal of Open Information Technologies.*- 2017.- Vol. 5, No 9, p. 102 à 118.
14. Filiptchenko S. A., Kourenkov P. V., Bespalova N. A., Medvedeva N. L. L'informatisation de la gestion des parcs ferroviaires - une étape importante en vue de l'informatisation de la gestion des activités d'exploitation // *Vestnik transporta.*- 2015.- No 8, p. 32 à 41.
15. Filiptchenko S. A., Kourenkov P. V., Medvedeva N. L., Bespalova N. A. Surveillance automatisée d'un parc de wagons de marchandises // *Transport ferroviaire.*- 2015.- No 8, p. 14 à 18.

16. Filiptchenko S. A., Ledyeva N. V., Kourenkov P. V. Technologie moderne de gestion et de surveillance d'un parc de wagons de marchandises // Transport ferroviaire.- 2016.- No 2, p. 58 à 63.

17. Ovsyannikov I. A., Kourenkov P. V. Centre de gestion logistique des activités de la SPA RJD.- Logistika sevodnya.- 2004.- No 5, p. 20 à 30.

Rosenberg E. N. – Premier adjoint au Directeur général de la SPA NIIAS

Filiptchenko S. A. – Directeur du centre scientifique et technique de la SPA NIIAS – orateur

Ignatyeva N. V. – Cheffe de la division Analyse et statistiques du département de l'informatisation de la SPA RJD
